¤ DIE ELEKTRISCHE ¤

LOKALBAHN TRIENT–MALÈ

UND DIE NEUEN ELEKTRIZITÄTSWERKSANLAGEN
¤ DER STADTGEMEINDE TRIENT ¤

VORTRAG, GEHALTEN IN DER VOLL-
VERSAMMLUNG AM 6. NOVEMBER 1909
VON

ING. PAUL DITTES
K. K. BAURAT IM EISENBAHNMINISTERIUM

Sonderabdruck aus der „Zeitschrift des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines“ 1910, Nr. 4 u. 5

¤ HIEZU SECHS TAFELN ¤

WIEN 1910
EIGENTUM UND VERLAG DES VEREINES
DRUCK VON R. SPIES & CO.

Die elektrische Lokalbahn Trient—Malè

und die neuen Elektrizitätswerksanlagen der Stadtgemeinde Trient.

Vortrag, gehalten in der Vollversammlung am 6. November 1909 von Ing. **Paul Dittes**, k. k. Baurat im Eisenbahnministerium.

Durch die elektrisch betriebene Lokalbahn Trient—Malè, die am 14. September 1909 in der Teilstrecke Trient—Cles und am 12. Oktober v. J. zur Gänze dem Betriebe übergeben wurde, ist eines der reichsten und am dichtesten besiedelten Täler Südtirols, das Nonstal, dem Eisenbahnverkehre erschlossen worden.



Abb. 1 Übersichtskarte 1:500.000

Abgesehen davon, daß einerseits durch die neueröffnete Bahn die reichen land- und forstwirtschaftlichen Produkte des Tales günstigere Absatzbedingungen erlangten, andererseits die Einfuhr nicht im Tale erzeugter Artikel wesentlich verbilligt und erleichtert wurde, ist mit Bestimmtheit zu erwarten, daß das in vieler Beziehung interessante, an mannigfachen Naturschönheiten reiche Nonstal nunmehr auch einen großen Zuzug von Fremden und Touristen erhalten wird; vermittelt doch das obere Nonstal (der sogenannte Sulzberg) den Zugang nach Madonna di Campiglio, in die Brenta-, Adamello- und Presanella-Gruppe und indirekt auch in das Ortlergebiet. Der überaus lebhafte Verkehr, der sich sofort nach der Betriebseröffnung, also zu einer Zeit, zu der mit einem Fremden- und Touristenverkehr nicht mehr zu rechnen war, entwickelt hat, und der auch hinsichtlich der Beförderung von Gütern die Erwartungen übertroffen hat, zeigt am besten, daß durch die Erbauung dieser Bahn ein wirkliches und dringendes Bedürfnis befriedigt worden ist.

Verdient also die Nonstalbahn schon im Hinblick auf das Vorhergesagte eine gewisse Aufmerksamkeit, so kann sie das Interesse weiterer Kreise auch noch aus dem Grunde in Anspruch nehmen, weil sie mit rund 60 *km* Trasse die längste gegenwärtig im Betrieb stehende elektrische Überlandbahn Österreichs ist, und weil mit der Erbauung dieser Bahn die Errichtung umfangreicher Elektrizitätsanlagen der Stadtgemeinde Trient in innigem Zusammenhange steht, die den schönsten und technisch interessantesten derartigen Werken unserer Monarchie zuzuzählen sind. Die Lokalbahn Trient—Malè ist außerdem die erste unter der Oberleitung von Organen der Staatseisenbahnverwaltung erbaute elektrische Bahn Österreichs.

Wie aus der Übersichtskarte (Abb. 1) zu ersehen ist, zweigt in der Station Dermullo die ebenfalls im September vorigen Jahres eröffnete elektrische Bahn Dermullo—Mendel ab, die auf dem Mendelpaß Anschluß an die Bahn Bozen—Kaltern—Mendel findet und das zwischen dem Noce und dem Mendelgebirge gelegene Gebiet dem Verkehr erschlossen hat. Die Route Bozen—Mendel—Dermullo—Cles—Malè wird künftighin gewiß von sehr vielen Vergnügungsreisenden frequentiert werden.

Von Malè gelangt man in etwa sechsstündiger, überaus genußreicher Wagenfahrt über Dimaro, Fucine und den einen Punkt der Reichsgrenze gegen Italien bildenden Tonalepaß nach Ponte di Legno im Val Camonica. In Dimaro zweigt die Straße nach Madonna di Campiglio ab, das in etwa dreistündiger Wagenfahrt von Malè aus erreicht wird. Von Madonna di Campiglio geht es auf sehr steiler, an herrlichen Blicken in die Brentagruppe und auf den Laresgletscher reicher Straße über Pinzolo nach Tione, dem Hauptorte des Judikarientales. Dem Flußlaufe der Sarca folgend, führt die Straße nach Passierung der romantischen Sarcaschlucht nach Alle Sarche, von wo man entweder südlich nach Arco und Riva oder nordöstlich, am schönen Toblinosee vorbei, über die Ortschaften Padergnone, Vezzano, Cadine und durch die wilde Schlucht der Buco di Vela nach Trient gelangt.

Die Lokalbahn Trient—Malè (siehe Lageplan, Abb. 2, und Längenprofil, Abb. 3, Tafel I) nimmt in der Station Trient Torre verde, in unmittelbarer Nähe des Mittelpunktes der Stadt und etwa 400 *m* vom Südbahnhof entfernt, in einer Höhe von 192 *m* über dem adriatischen Meere ihren Anfang. Sie folgt zunächst dem Lavisottgraben, einem Etschkanale im Zuge des alten Flußbettes, und gelangt zur Umladestation Trient (Km 0·7) mit Reparaturwerkstätte und Wagenremise (Abb. 4). Hier wird auch, sobald die im Bau befindliche Verlegung des Lavisottgrabens und die erforderlichen Gleisanschlüsse ausgeführt sein werden, die direkte Umladung der Güter von der Südbahn auf die Lokalbahn, bezw. umgekehrt erfolgen. Die Bahn geht nun auf die sogenannte italienische Reichsstraße über, auf der sie zur Haltestelle Canova und hierauf nach Gardolo und zur Halte- und Verladestelle gleichen Namens (Km 4·477) gelangt. Von hier wendet sich die Trasse, immer dem Zuge der Reichsstraße folgend, über die Haltestellen Meano, Lamar und S. Lazzaro mit allmählich zunehmender Steigung dem Avisioflusse zu, dessen geschiebereiches Bett unmittelbar vor der Ortschaft Lavis auf einer eisernen, anläßlich des Bahnbaues verstärkten Straßenbrücke übersetzt wird. Mittels einer auf eigenem Unterbau geführten Schleife und weiters auf der Straße gelangt die Bahn zur Station Lavis, erreicht nach Passierung der Ortschaft wieder die Reichsstraße und sodann die Haltestelle Pressano, in nächster Nähe der Südbahnstation Lavis.



Abb. 4 Wagenremise und Werkstätte in Trient, Umladestation

Nach Passierung der ersten Umformerstation „Pressano" (Km 10·37) und Übersetzung der Reichsstraße nähert sich die Lokalbahn ganz der Südbahn, der sie in einem 1·2 *km* langen Parallellauf folgt, um sodann nach neuerlicher Kreuzung der Reichsstraße zur Ortschaft und zur Haltestelle und Betriebsausweiche S. Felice Tram zu gelangen. Von hier führt die Bahn über die Haltestelle Sorni zur Station S. Michele-Tram in unmittelbarer Nähe der Ortschaft gleichen Namens und übersetzt nun den Etschfluß auf eigener eiserner Brücke von 91·63 *m* Stützweite (Abb. 5), sodann nach Passierung der Ortschaft und Haltestelle Grumo den Kalterergraben (Abfluß des Kalterersees) und wendet sich neuerlich der Südbahn zu, die sie nun überquert (Km 17·5), um hierauf, parallel mit ihr verlaufend, die Haltestelle und Betriebsausweiche S. Michele Nonstal in nächster Nähe der Südbahnstation S. Michele zu erreichen. Nun kreuzt die elektrische Linie die einen Bestandteil der Lokalbahn Trient—Malè bildende, mit Dampfkraft betriebene



Abb. 5 Etschbrücke bei S. Michele

normalspurige sogenannte „Rettalinie“ S. Michele—Mezolombardo, folgt dann dem Zuge der Straße und gelangt zur Station Mezocorona in unmittelbarer Nähe der Ortschaft gleichen Namens.

Nun schwenkt die Bahn wieder der oben genannten „Rettalinie“ zu, in die sie einmündet, und gelangt nach Übersetzung des Noceflusses zur Station Mezolombardo. In dieser Station, in der neben Aufnahmsgebäude und Güterschuppen eine Motorwagenremise vorgesehen ist, erfolgt die Umladung aller mit der elektrischen Bahn aus dem Nonstale einlangenden und für den Übergang auf die Südbahn bestimmten Güter, bezw. umgekehrt.



Abb. 6 Nocebrücke bei Rocchetta, Hochspannungs-Fernleitung

Die Bahn durchzieht sodann den besonders wegen seines Weinbaues und lebhaften Handels weitbekannten Markt Mezolombardo (drei Haltestellen), gelangt zur Haltestelle Fai und mit zunehmender Steigung zur tiefeingeschnittenen Schlucht des Noce, den sie auf eigener Eisenbrücke (Abb. 6) knapp



Abb. 7 Pongajolabrücke bei Sabino

unterhalb der alten gewölbten Straßenbrücke übersetzt, um in Km 25·24 die Halte- und Verladestelle Rocchetta zu erreichen. Von hier zieht die Bahn auf eigenem Unterbau zu dem Sperrfort Rocchetta, das sie durchfährt, um nun an steiler Felswand in das eigentliche, geologisch hochinteressante, verhältnismäßig fruchtbare nnd dicht besiedelte, an landschaftlichen Reizen reiche Nonstal zu gelangen. Die Bahn passiert die Haltestellen Masi di Vigo, Ceramica-Vigo d'Anaunia (große Ziegelwerke) und Moncovo-Denno und senkt sich dann hinab zur Haltestelle und Betriebsausweiche Sabino.

Nach Verlassen dieser Haltestelle überquert die Bahn auf eigener Eisenbrücke (Abb. 7), die auch der anläßlich des Bahnbaues verlegten Reichsstraße Raum bietet, die Pongajolaschlucht, um nun, vorbei an der zweiten Umformerstation Sabino (Km 30·5 rechts der Bahn, Abb. 8), in großer Schleifenentwicklung und fast durchwegs mit 50‰ ansteigend die fruchtbare Hochebene von Mollaro und die Halte- und Verladestelle gleichen Namens zu erreichen.

Auf der rund 3700 *m* langen, an schönen Landschaftsbildern und interessanten Blicken in die tiefeingerissenen Schluchten des Noce und der Terresenga reichen Strecke Sabino—Mollaro überwindet die Bahn einen Höhenunterschied von 172 *m*, was einer durchschnittlichen Steigung von 46·5‰ entspricht.

Bald nach der Haltestelle Segno geht die Bahn wieder auf die Straße über, erreicht in mäßiger Steigung die schön gelegene Ortschaft Tajo und die Station gleichen Namens. Die Bahn folgt sodann wieder dem Zuge der Reichsstraße, gelangt in wenigen Minuten zur Station Dermullo (Km 39) und damit zum Ausgangspunkt der ebenfalls elektrisch betriebenen Bahn Dermullo—Mendel.

Die Bahn senkt sich nun langsam zu der im Jahre 1888 von der Eisenkonstruktions- und Brückenbauanstalt Ignaz Gridl-Wien erbauten, anläßlich des Bahnbaues verstärkten schönen eisernen Bogenbrücke „S. Giustina“, die mit einer Stützweite von 60 *m* den Nocefluß übersetzt (Abb. 9, Tafel 1).



Abb. 8 Umformerstation Sabino

Der Blick von dieser Brücke in die 144 *m* tiefe Schlucht ist von überwältigender Schönheit.

Die Bahn gelangt zur Station S. Giustina und steigt nun, abwechselnd auf eigenem Bahnkörper und auf der Straße geführt, zu dem malerisch gelegenen Hauptort des Nonstales, Cles, empor, den sie durchfährt, um in Km 44·6 die gleichnamige Station zu erreichen. Von hier und auch schon auf der Fahrt von S. Giustina nach Cles bieten sich dem Reisenden prächtige Blicke auf den Nonsberg und die Mendel (rechts der Bahn), bezw. in die Brentagruppe (links der Bahn). Die in die römische Kaiserzeit zurückreichende Geschichte sowie mannigfache prähistorische Funde lassen die Stadt Cles als einen der interessantesten Orte des Nonstales erscheinen.

Von der Station zieht die Bahn auf eigenem Unterbau über den Rivo di Dres-Viadukt zur Haltestelle „Dres“ und sodann auf der Straße zur Kapelle S. Giuseppe. Unmittelbar nach der Kapelle S. Giuseppe beginnt jener Teil der Bahn, der infolge der ganz eigenartigen Beschaffenheit der Lehne die größten Schwierigkeiten während des Baues bot. In vielfachen Windungen, den längs des ganzen Abhanges lagernden Moränenschutt in mehreren Einschnitten durchdringend, gelangt die Bahn an der dritten und letzten Umformerstation Mostizzolo (Km 49·17) vorbei zu der neuen eisernen Bahnbrücke über den Noce, die die überaus malerische Schlucht dicht

neben und über der alten Straßenbrücke mit 49·2 *m* Stützweite übersetzt.

Die Noceschlucht hat an dieser Stelle eine Tiefe von ungefähr 90 *m* und äußerst steil abfallende Felswände. Die Montierung der Eisenkonstruktion der Brücke gestaltete sich deshalb besonders schwierig, weil es mit Rücksicht auf die örtlichen Verhältnisse nicht möglich erschien, in normaler Weise ein Montierungsgerüst mit Zwischenjochen aufzuführen. Die Grazer Brückenbauanstalt der Firma R. Ph. Waagner,



Abb. 10 Mauerwerk der Mostizzolobrücke im Bau



Abb. 11 Mostizzolobrücke, Herstellung des Montagegerüstes

L. & I. Biro und A. Kurz arbeitete daher ein Projekt aus, das die Herstellung eines aus gemischter Konstruktion bestehenden Gerüstträgers (Howeschen Trägers) vorsah, der mit Hilfe eines Drahtseil-Hängegerüstes montiert werden sollte. Die Drahtseile wurden einerseits an das Gewölbe der ersten Seitenöffnung, andererseits an ein Pilotenbündel verankert. Mit Hilfe eines auf den Drahtseilen laufenden Fahrstuhles wurde nun für den Zusammenbau des Gerüstträgers ein Hilfsplateau und hierauf der Gerüstträger selbst montiert (Abb. 10 bis 13, Abb. 14 auf Tafel I). Das Abtragen des Howeschen Trägers erfolgte ebenfalls mit Hilfe des Drahtseilgerüstes. Die Herstellung des Gerüstes begann anfangs Dezember 1908, und Ende Jänner 1909 war die gesamte Eisenkonstruktion bereits montiert.



Abb. 12 Mostizzolobrücke, Montagegerüst

Von der Mostizzolobrücke zeigt sich zum erstenmal das obere Nonstal (Sulzberg), das mit seinem frischen Grün der Wiesen, den schönen Waldungen und den im Hintergrunde

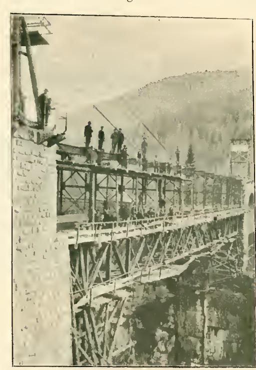


Abb. 13 Mostizzolobrücke während der Montage

aufsteigenden schneebedeckten Häuptern der Presanellagruppe einen vom mittleren Nocetal wesentlich verschiedenen landschaftlichen Charakter aufweist. Es ist ein ausgesprochenes Alpental, an dessen sonnseitigen Abhängen aber noch der Wein gedeiht. Unmittelbar nach Passieren der Brücke sieht man rechts der Bahn die über Cagno, Revo und Fondo auf die

Mendel führende Straße abzweigen und gelangt zur Halte- und Verladestelle Mostizzolo.

Von hier zieht die Bahn, fast stets der Straße folgend und in vielen Windungen mäßig ansteigend, über die Ortschaften und Haltestellen Bozzana, Bordiana, S. Giacomo, Cassana und Caldes zur Halte- und Verladestelle Terzolas und sodann mit mäßigem Gefälle zur Haltestelle Magras-Rabbi am Ausgang des schönen Rabbitales. Die malerische Schlucht des Baches auf eigener Eisenbrücke neben der Straßenbrücke übersetzend (Abb. 15), wendet sich die Bahn, indem sie die Straße traversiert, auf eigenen Bahnkörper und erreicht nach kurzer Steigung den Endpunkt der Bahn in der Station Malè (Km 59·5, 735 *m* über dem Meere und 543 *m* über der Anfangsstation Trient Torre verde gelegen; Motorwagenremise). Der inmitten frischgrüner Alpenwiesen reizend gelegene Markt Malè ist der Hauptort des oberen Nocetales (Sulzberges).

Die Lokalbahn Trient—Malè besitzt eine Spurweite von 1 *m* und ist, wie schon oben erwähnt, zum Teil auf eigenem Bahnkörper und zum Teil auf Straßengrund geführt. Von der gesamten Strecke liegen nur 36·67 *km*, d. i. 61·5%, in der Geraden, 22·97 *km*, d. i. 38·5%, dagegen in Krümmungen. In der Horizontalen liegen nur 8·6 *km*, 30 *km* in Neigungen bis inklusive 20‰, 12·95 *km* in Neigungen über 20 bis inklusive



Abb. 15 Rabbibachbrücke

40‰, 2·74 *km* in Neigungen über 40 und unter 50‰, während 5·35 *km* eine Neigung von 50‰ und darüber (bis 53‰) aufweisen.

Die Richtungsverhältnisse der Bahn sind, insbesondere in der Strecke Rocchetta—Sabino und Cles—Caldes als ziemlich ungünstige zu bezeichnen. Auch die Durchfahrung zahlreicher Ortschaften mit engen Straßen hat zur Anwendung kleiner Krümmungshalbmesser geführt. Im allgemeinen beträgt der Minimalradius 35 *m*, der nur in einem vereinzelten Falle (in Lavis vor der Avisiobrücke) auf 28 *m* vermindert werden mußte. Die gesamte Trassenlänge der Lokalbahn Trient—Malè beträgt 59·64 *km*, die Länge der Nebengleise 5·74 *km*. Die nutzbare Gleislänge ist im allgemeinen in allen Stationen und Betriebsausweichen mindestens 36·8 *m*.

Auf den Strecken mit eigenem Unterbau gelangte ein Vignolschienenoberbau System E (Schienenhöhe 104 *mm*, Gewicht pro lfd. *m* Schiene 21·8 *kg*, normale Schienenlänge in der Geraden 10 *m*) zur Anwendung, während auf den Strecken mit Straßenbenutzung Rillenschienen in Schotterbettung verlegt wurden, die eine Höhe von 140 *mm* besitzen und pro lfd. *m* 35 *kg* wiegen. Auf der dreischienigen Strecke der „Rettalinie", dann in der Station Mezolombardo, wo mit Rücksicht auf die bereits vorhandene Normalspur die Gleisanlagen ebenfalls fast durchwegs dreischienig sind, gelangten Schienen System XXIV *a* zur Verlegung. Bei allen Kurven mit Krümmungshalbmessern von 50 *m* und darunter kamen beim Vignolschienenoberbau Zwangsschienen an der Kurveninnenseite zur Anwendung.

An Hochbauten besitzt die Lokalbahn Trient—Malè in den zehn Stationen Trient Torre verde, Lavis, S. Michele Tram, Mezocorona, Mezolombardo, Tajo, S. Giustina, Cles und Malè ebenerdige Aufnahmsgebäude mit angebautem Güterschuppen und freistehenden Passagieraborten, während in den Verladestellen Rocchetta, Mollaro, Dermulo, Mostizzolo und Caldes Güterschuppen vorgesehen sind. Die Haltestellen Gardolo und Terzolas besitzen Wartehäuschen. In der Rangier- und Umladestation Trient sind neben einem Güterschuppen eine Werkstätte und eine Wagenremise vorgesehen. Die Werkstätte Trient besitzt eine Länge ven 40 *m*, eine Breite ven 15 *m*, hat zwei Motorwagenstände mit Revisionsgruben, einen separaten Schmiederaum mit Tyrcsofen und ist mit allen erforderlichen Werkzeugmaschinen reichlich ausgerüstet. Der Antrieb der



Abb. 18 Fahrleitung an Holzgestänge

Werkzeugmaschinentransmission erfolgt durch einen 20 *PS*-Drehstrommotor, der ebenso wie die Beleuchtungsanlage der Umladestation Trient aus dem von der Stadtgemeinde neu verlegten 220 *V*-Drehstromnetz gespeist wird. Zum Ausblasen von Motoren, Kontrollern usw. ist ein fahrbarer, durch einen Drehstrommotor angetriebener Kompressor vorhanden.

Die Wagenremise in der Umladestation Trient hat eine verbaute Grundfläche von 31 × 18 *m* und bietet auf drei Parallelgleisen sechs Motorwagen Platz. Diese Gleise sind auf eine Länge von je 13·5 *m* mit Revisionsgruben versehen, welche untereinander durch Quergänge in Verbindung stehen. Außer in Trient sind noch in Mezolombardo und in Malè Wagenremisen mit angebauten Kasernenräumlichkeiten für das Fahrpersonal vorgesehen. Die Remisen in Mezolombardo und Malè sind für je zwei Stände (je eine Revisionsgrube) gebaut.

Bahnerhaltungsschuppen befinden sich in den Stationen Lavis, Mezolombardo und Tajo sowie in der Betriebsausweiche Cassana.

Die elektrotechnische Streckenausrüstung der Lokalbahn weist eine teils an Mastauslegern, teils an Querdrähten zwischen Masten, bezw. zwischen Gebäuden

verlegte oberirdische Fahrleitung auf, die in der kurrenten Strecke durchwegs aus zwei Profilkupferdrähten von je 70 mm^2 Querschnitt besteht. Der Querschnitt des Profildrahtes sowie die Normaltype der Fahrleitungsaufhängung ist aus den Abb. 16 und 17, Tafel II, ersichtlich.

Die gegenseitige Entfernung der Maste beträgt in der Geraden höchstens 35 *m* und ist in Kurven je nach den Krümmungsradien bis auf 10 *m* verringert. Der lichte Abstand der Maste vom Gleismittel beträgt in der Geraden mindestens 1·9 *m* und ist in Krümmungen so vergrößert, daß der lichte Abstand zwischen Mastinnenkante und Umgrenzungslinie der Fahrbetriebsmittel nirgends weniger als 60 *cm* beträgt. In der kurrenten Strecke sind fast durchwegs Lärchenholzmaste von mindestens 18 *cm* Zopfstärke zur Verwendung gelangt (Abb. 18).

Im Innern der Stadt Trient, dann in solchen Fällen, in denen eine spätere Auswechslung der Maste besonders schwierig, mit großen Kosten und mit Betriebsstörungen verbunden wäre, sind Eisenmaste (teils Doppel-T-Maste Profil 18*a* und 22*a*, teils Mannesmannröhrenmaste) aufgestellt worden (siehe Abb. 19 und 20).



Abb. 19 Fahrleitung zwischen Cles und Mostizzolo an eisernem Gestänge

Die Fahrleitung ist an den Querdrähten isoliert aufgehängt, während die Querdrähte gegenüber den Aufhängepunkten ebenfalls, und zwar vorwiegend durch Porzellannüsse isoliert sind. Diese normale zweifache Isolation des Fahrdrahtes gegen Erde wurde auf der auch von Dampfzügen befahrenen Strecke der Rettalinie sowie in der Station Mezolombardo durch Einbau einer dritten Isolation noch erhöht. Bei der Kreuzung der Fahrleitung mit der Südbahn gelangte eine Stahldrahtaufhängung der Fahrleitung zur Anwendung. Die Höhe der Fahrleitung über Schienenoberkante beträgt in der kurrenten Strecke 5·8 *m*, an den Anhängepunkten gemessen.

Wie aus dem Schema der Leitungsanlage (Abb. 21, Tafel II) ersichtlich ist, wurde auf gewissen Strecken eine Verstärkungsleitung verlegt, die, aus Rundkupferdraht von 50 mm^2 Querschnitt bestehend, am Fahrleitungsgestänge zugespannt wurde. Die Lage der Streckenausschalter, Blitzschutzvorrichtungen usw. ist ebenfalls aus dem Schema der Leitungsanlage ersichtlich. Die Streckenausschalter sind auf den Fahrleitungsmasten ungefähr in Fahrdrahthöhe montierte Hörnerschalter, die mittels Gestänge und Hebel vom Erdboden aus betätigt werden können (siehe Abb. 20).

In Trient, Lavis, Mezolombardo, Cles und Malè erforderten die dort bestehenden elektrischen Licht- und Kraftverteilungsnetze, die durchwegs als Freileitungen ausgeführt waren, vielfache Schutzvorkehrungen, um bei einem eventuellen Drahtbruch dieser Leitungen den Übertritt der Fahrleitungsspannung in die Niederspannungsnetze zu verhindern. Teils wurden nun unter den — wenn nötig entsprechend höher gelegten — Lichtleitungen geerdete Schutznetze angebracht, teils wurden — besonders in Mezolombardo und Cles — über der Fahrleitung geerdete Längsschutzdrähte gespannt.

Sämtliche Stationen und Haltestellen sind mit elektrischer Beleuchtung versehen, die mit Ausnahme der Stationen Trient Torre Verde, Trient Umladestation und Malè an die Fahrleitung (je vier 200 *V*-Glühlampen in Serie) angeschlossen ist. In den vorgenannten drei Stationen werden die Beleuchtungsanlagen von den elektrischen Licht- und Kraftverteilungsnetzen der betreffenden Gemeinden mit Strom versorgt.

Zur Verständigung zwischen den Stationen, den Verladestellen und Betriebsausweichen dient eine Telephonanlage, deren zweidrähtige Leitung am Gestänge der staatlichen Schwachstromleitungen zugespannt wurde. Die Telephonapparate sind in den Stationen in dem Dienstraum der Aufnahmsgebäude, in den Verladestellen und Betriebsausweichen aber in besonderen eisernen, an Doppel-T-Masten montierten Kästen untergebracht.

Der Fahrpark der Lokalbahn Trient — Malè setzt sich zusammen aus: 10 vierachsigen Motorwagen für Personen- und Gepäcksbeförderung, 12 zweiachsigen Personenanhängewagen, 12 zweiachsigen gedeckten Güterwagen, 5 zweiachsigen offenen Güterwagen mit Einrichtung für Langholztransport und 3 Postwagen. Außerdem stehen für Bahnerhaltungszwecke 9 Bahnwagen und 1 Draisine und für die Instandhaltungsarbeiten an der Fahrleitung 2 Montagegerüstwagen zur Verfügung *).



Abb. 20 Fahrleitung an eisernem Gestänge (Mostizzolobrücke), Kabelüberführungsmast

Die vierachsigen Personenmotorwagen (Abb. 22, Tafel III) haben eine Kastenlänge von 9·85 *m* und enthalten einen Abteil I. Klasse mit 12, einen Abteil III. Klasse mit 24 Sitzplätzen und besitzen einschließlich 8 Stehplätzen einen Fassungsraum von 44 Personen. Zwischen den beiden Personenabteilen liegt ein Gepäcksraum von 2·76 *m* Länge mit eingebautem Klosett. Die Plattformen haben eine Ausladung von 1·325 *m* und sind an den Stirnseiten verglast.

Die Motorwagen besitzen je zwei zweiachsige sogenannte amerikanische Drehgestelle (Abb. 23, Tafel III, und 24) mit einem Radstand von 2 *m*, während die Drehzapfenentfernung 6·7 *m*, der Gesamtradstand somit 8·7 *m* beträgt. Die Verwendung der amerikanischen Drehgestelle, deren Konstruktion von der Grazer Waggon- und Maschinenfabriks-A.-G. herrührt, hat sich bestens bewährt. Die quergefederte, gelenkig aufgehängte Wiege gewährleistet auch bei ungünstigen Richtungsverhältnissen ruhigen und weichen Gang der Wagen. Die Gesamtlänge der Wagen über den Puffern gemessen ist 13·5 *m*, der Durchmesser der Laufräder 900 *mm* (bei abgenutzten Radreifen 850 *mm*). Sämtliche Wagen sind mit zentraler Zug- und Stoßvorrichtung ausgerüstet. Die Achslager sind für Graphitschmierung eingerichtet.

Als Bremse ist bei den Motorwagen eine achtklötzige Handspindelausgleichbremse in Verbindung mit automatischer

*) Eine wesentliche Vergrößerung des Fahrparkes ist im Zuge.

Vakuumbremse, welch letztere die normale Betriebsbremse ist, vorgesehen. Außerdem kann im Bedarfsfalle die elektrische Kurzschlußbremse verwendet werden.

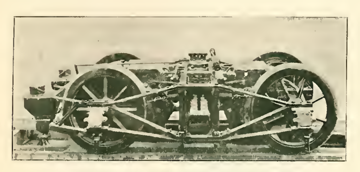


Abb. 24 Amerikanisches Drehgestell

Zur Erzeugung der Luftleere für die Vakuumbremse dient eine von einem Elektromotor angetriebene Pumpe, die am Wagenuntergestell montiert ist. Das Anlassen des Pumpenmotors und die Beeinflussung seiner Umlaufzahl, dann die Regelung des Lufteintrittes beim Bremsen geschieht durch einen am Führerstand angebrachten Bremsschieberschalter. Die Gesamtanordnung der Vakuumbremseinrichtung und der durch die Abluft der Vakuumpumpe zu betätigenden akustischen Signalvorrichtung ist aus Abb. 25 zu entnehmen und deckt sich nahezu vollkommen mit der Ausführung bei der elektrischen Bahn Wien—Baden. (Näheres hierüber und speziell über den Bremsschieberschalter siehe in „Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen" 1907, Heft 1.)

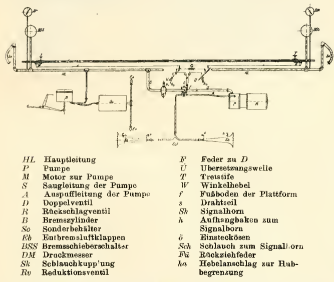


Abb. 25 Schema der Vakuumbremse und der mit Abluft der Vakuumpumpe betriebenen akust. Signalvorrichtung für vierachsige Personen-Motorwagen

An jedem Drehgestell ist eine vom Wagenführer mittels Hebels zu betätigende Sandstreuvorrichtung angebracht, die den Sand möglichst knapp vor den Rädern auf die Schienen bringt. An den Drehgestellen der Motorwagen können im Bedarfsfalle kleine Schneepflüge montiert werden.

Das Eigengewicht des Motorwagens einschließlich der elektrischen Ausrüstung beträgt 21 *t*, das Gesamtgewicht bei Vollbesetzung der Wagen einschließlich 1 *t* Gepäck 25·7 *t*, woraus sich der Schienendruck einer Achse mit 6·425 *t* berechnet.

Die 1·4 *m* breiten Fenster der Personenabteile sowie die Stirnwandmittelfenster sind durch Hebevorrichtungen System Schmaßmann ausbalanciert. Oberhalb der Fenster sind, ähnlich wie bei normalen Vollbahnwagen, aufklappbare Ventilationsöffnungen angeordnet, und wurde von dem bei elektrischen Straßenbahnwagen üblichen Laternenaufbau abgesehen, wodurch sich eine bessere Ausnutzung des Wagenprofils für die Anordnung geräumiger Gepäcksträger ergibt und die verhältnismäßig großen Reparaturkosten der Ventilationslaternen vermieden werden.

Die Einstiege zu den Plattformen haben aufklappbare Verschlüsse, ähnlich wie die Wagen der Wiener Stadtbahn.

Die Beleuchtung der Signallampen, der Scheinwerfer und des Wageninnern erfolgt durch 100 *V*-Glühlampen, die in zwei Serien zu je acht Stück hintereinander geschaltet sind.

Für die Beheizung der Wagen sind elektrische Heizkörper vorgesehen, und zwar enthalten die beiden Personenabteile je zwei in Hintereinanderschaltung an die Fahrleitungsspannung angeschlossene Heizkörper zu 3 *A*. Der Energieverbrauch für die Heizung beträgt somit pro Abteil 2400 *W*, so daß in der I. Klasse 200 und in der III. Klasse 100 *W* auf den Sitzplatz oder 156, bezw. 114 *W* pro m^3 Coupéraum entfallen.

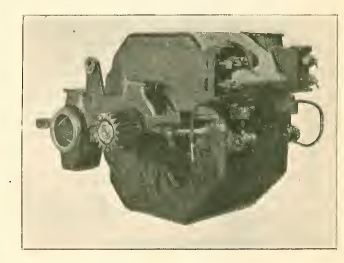


Abb. 26 Bahnmotor von der Zahnradseite

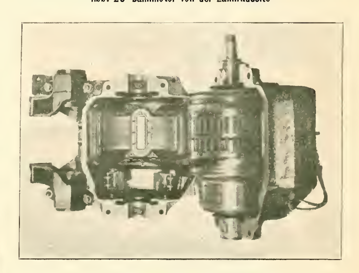


Abb. 27 Bahnmotor, Gehäuse aufgeklappt

Die Motorwagen sind mit je vier Gleichstrom-Wendepolmotoren ausgerüstet, die mittels Zahnradübersetzung 1 : 5·29 die vier Wagenachsen antreiben. Die charakteristischen Kurven dieser Motoren, von denen Abb. 26 eine Außenansicht und Abb. 27 eine Ansicht bei aufgeklapptem Gehäuse zeigt, sind in Abb. 28 wiedergegeben. Die Stundenleistung im Sinne der deutschen Verbandsnormalien beträgt in vollerregtem Zustande 44 *PS*, bei im Verhältnis von 39 : 58 geshuntetem Feld aber 66 *PS*.

Die Schaltung der Motoren ist aus der vereinfachten Darstellung der hauptsächlichsten Fahr- und Bremsstellungen (Abb. 29, Tafel III) ersichtlich.

Die Kontroller besitzen neben der Hauptwalze noch je eine Umschaltwalze für „Fahrt" und „Bremse", bezw. „vorwärts" und „rückwärts" (Abb. 30) und haben zur Fahrt neun

Stellungen für die Serienschaltung und fünf Stellungen für die Parallelschaltung der Motorgruppen.

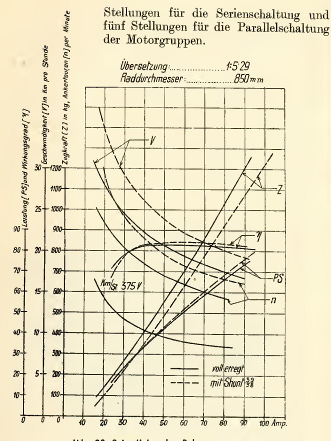


Abb. 28 Schaulinien des Bahnmotors

Die beiden Motoren eines jeden Drehgestelles sind im normalen Betrieb dauernd parallel geschaltet und bilden eine Gruppe. Im Bedarfsfalle können je zwei Motoren (je einer auf jedem Drehgestell) gemeinschaftlich abgeschaltet werden. Sechs von den 14 Kontrollerstellungen sind widerstandsfreie Fahrstellungen (3 in Serien-, 3 in Parallelschaltung der Motorgruppen), und zwar 2 mit vollerregtem, 4 mit geschwächtem Felde, wodurch eine gut abgestufte, ökonomische Regelung der Fahrgeschwindigkeit möglich ist.

Die Verwendung der Wendepolmotoren in Verbindung mit der Feldschwächung hat sich nach den bisherigen Erfahrungen sehr gut bewährt. Bei starker Überlastung der Motoren und selbst bei plötzlicher Umschaltung auf Bremsung, bezw. auf rückwärts während der Fahrt tritt keine irgendwie nennenswerte Funkenbildung an den Kollektoren auf, was mit Rücksicht auf die Kosten für Erneuerung von Kollektoren und Kohlenbürsten von großer Bedeutung ist. Auch haben sich bei den diesbezüglich vorgenommenen Messungen bei Fahrten mit shuntierten Feldern nur ganz unwesentliche Differenzen in der Feldstromstärke der Motoren eines Wagens ergeben.

Die aus Abb. 29 ersichtliche unsymmetrische Kreuzschaltung der Magnetfelder und der Anker in den Bremsstellungen gewährleistet eine gleichmäßige Verteilung der Bremswirkung auf alle vier Achsen eines Wagens.

Die Motorwagen sind mit je zwei Stromabnehmerbügeln ausgestattet, so daß, da die Fahrleitung zweidrähtig ist, für die Stromabnahme vier Kontaktstellen zur Verfügung stehen.

Anläßlich der Versuchsfahrten zur Erprobung der elektrischen Einrichtungen der Motorwagen wurde während der ganzen Dauer einer Fahrt von Trient nach Malè und zurück mit einem 48 *t*-Zug die Strom- und Leistungsaufnahme des Motorwagens fortlaufend durch Registrierinstrumente aufgezeichnet. In Abb. 31 ist die Stromkurve für die Strecke Sabino—Mollaro wiedergegeben. Gleichzeitig sind die Steigungs- und Richtungsverhältnisse aufgetragen.

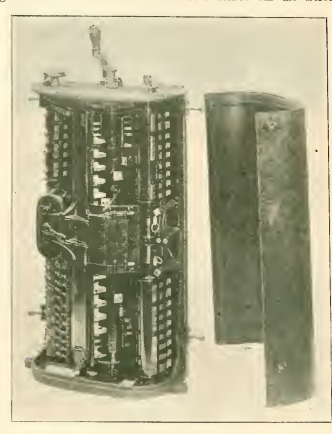


Abb. 30 Fahrschalter

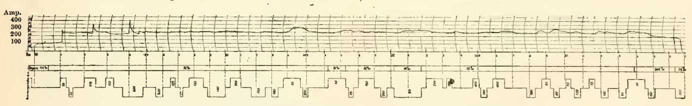


Abb. 31 Fahrkurven eines 48 t-Zuges auf der Strecke Sabino-Mollaro

Aus der Stromkurve wurde unter Zugrundelegung der Motorkennlinien (Abb. 28) und des Zugsgewichtes von 48 *t* für die verschiedenen auf dieser Strecke vorkommenden Krüm-



Abb. 31a Motorwagenzug mit Personenanhängewagen und Postwagen

mungsradien der Gleiswiderstand ermittelt und gefunden, daß er für gerade Strecken nur wenig mehr als 2·5 *kg* pro *t* Zugsgewicht beträgt, in Krümmungen zwischen 60 und 40 *m* Radius aber Werte von 21 bis 26 *kg* erreicht, Werte, die noch wesentlich höher liegen als jene, die sich aus der für 1 *m* Spur gebräuchlichen Formel

$$W_r = \frac{400}{r - 20}$$

ergeben.

Der Widerstand in der Geraden wurde für Vignolschienengleis auf Grund zahlreicher Auslaufversuche für einen aus einem Motorwagen und einem Anhängewagen bestehenden jenes der Langholztransportwagen 4 *t* und das der gedeckten Güterwagen 4·4 *t*.

Alle Anhängewagen sind mit Handbremse und Einrichtung für automatische Vakuumbremse, die Personenanhängewagen und die Postwagen (Abb. 31 a) außerdem mit Solenoidbremse ausgestattet.

Zur Lieferung des Bahnbetriebsstromes (Gleichstrom 800 *V*) dienen drei Umformerstationen (Pressano Km 10·37, Sabino Km 30·5, Mostizzolo Km 49·17), die von den Elektrizitätswerken an der Sarca durch eine rund 65 *km* lange Fernleitung mit Drehstrom von 20.000 *V* Spannung

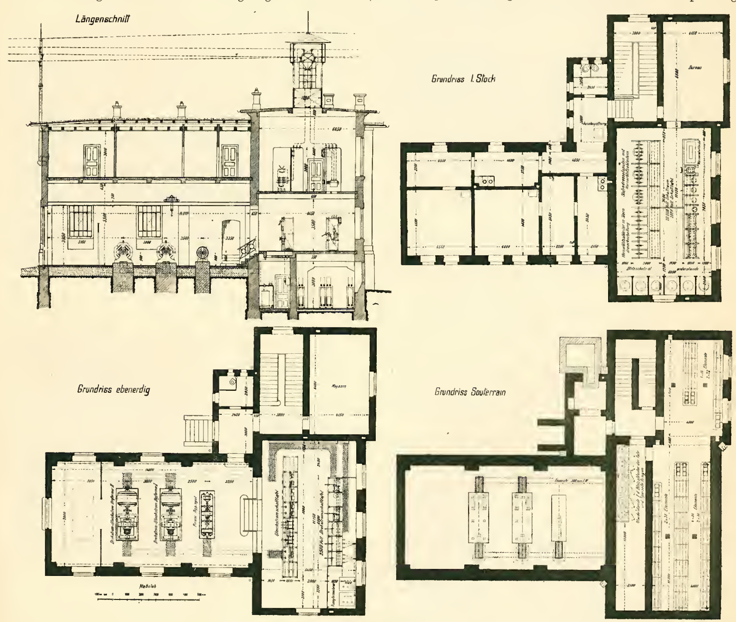


Abb. 32 Umformerstation

Zug mit rund 2·6 *kg*, für Anhängewagen allein mit za. 2·4 *kg* und für Motorwagen mit 2·7 bis 2·8 *kg* pro *t* Zugs-, bezw. Wagengewicht ermittelt.

Die zweiachsigen Personenanhängewagen (Abb. 31 *a*) haben eine Länge von 9·56 *m* über den Puffern gemessen und besitzen je einen Abteil I. Klasse (9 Sitzplätze) und III. Klasse (23 Sitzplätze) und mit Einrechnung von 12 Stehplätzen einen Fassungsraum für 44 Personen. Der Radstand der mit freien Lenkachsen gebauten Wagen beträgt 4 *m*, das Eigengewicht 7600 *kg*. Die Wagen sind mit elektrischer Beleuchtung und Beheizung versehen.

Die Güterwagen sind für eine Tragfähigkeit von 6·3 *t* gebaut. Das Eigengewicht der offenen Wagen beträgt 3·7 *t*, gespeist werden. Die Lage dieser Stationen ist aus dem Situationsplan (Abb. 2) zu entnehmen, während die bauliche Anlage sowie die Disposition der maschinellen und elektrischen Einrichtung aus Abb. 32, das Schaltungsschema aus Abb. 33 zu ersehen ist. Die drei Umformerstationen weisen nur geringe, durch die örtlichen Verhältnisse bedingte Unterschiede in der baulichen Anlage auf, sind aber im übrigen vollkommen gleich.

Vorläufig sind in jeder Umformerstation zwei Drehstromgleichstromumformer (Motorgeneratoren) für eine Gleichstromdauerleistung von 130 *KW* bei 800 *V* und 730 Umdrehungen in der Minute, ferner zwei Drehstromtransformatoren für eine Leistung von 170 *KVA* bei 19.000/2500 *V* aufgestellt. Die zu

den Bahngeneratoren parallel geschalteten Akkumulatorenbatterien bestehen aus je 386 Elementen für eine Entladestromstärke von 148 Amp. bei einstündiger Entladung, die vorübergehend auf 222 Amp. gesteigert werden kann. Zur Erhöhung der Pufferwirkung der Batterie ist eine umkehrbare Batteriezusatzmaschine Bauart Pirani vorgesehen. (Näheres über deren Wirkungsweise siehe „Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen" 1908, Heft 9). Der Motor des Pirani-Aggregates ist für 22 *PS*

Von den positiven Sammelschienen der Umformerstationen führen die Anschlußleitungen über selbsttätige Höchststromschalter und Stromzeiger zu den Fahrdraht-, bezw. Speiseleitungen der Bahn, wie dies aus dem Schaltungsschema der Umformerstationen (Abb. 33), bezw. aus dem Schema der Leitungsanlage der Bahn (Abb. 21) ersichtlich ist.

Die Anschlußleitungen zwischen den Umformerstationen und der Fahr-, bezw. Speiseleitung bestehen aus eisenband-

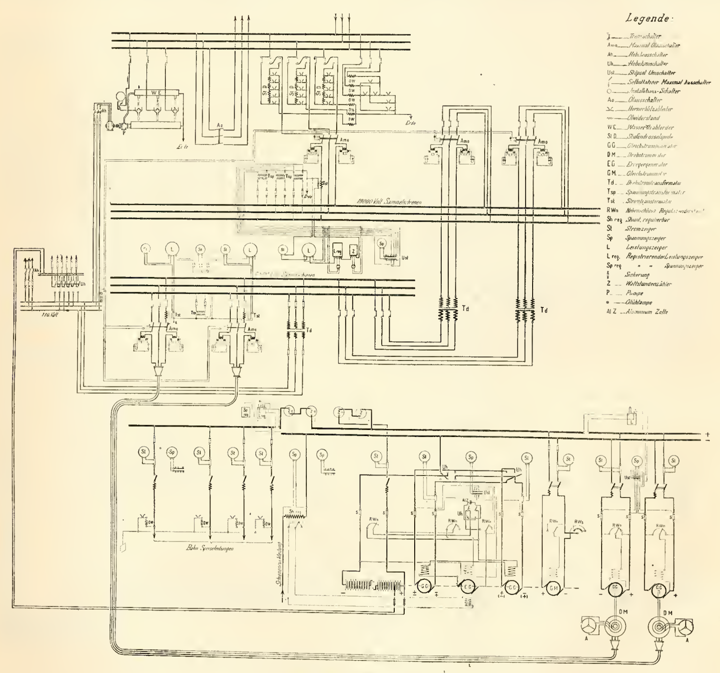


Abb. 33 Schaltungsschema der Umformerstation

Leistung bei 800 *V* und 1200 Umdrehungen in der Minute gebaut, der Erregergenerator leistet 3 Amp. bei 110 *V*, der Zusatzgenerator des Piranisatzes 2 × 75 Amp. bei ± 150 *V*.

Die maximale vorübergehende Leistungsfähigkeit jeder Umformerstation (maßgebend für die auftretenden Belastungsstöße) ergibt sich, wenn nur ein Umformer in Betrieb steht, zu $1{\cdot}4 \times \frac{130}{0{\cdot}8} + 222 = 450$ und beim Betrieb mit zwei Umformern zu

$$2 \times 1{\cdot}4 \times \frac{130}{0{\cdot}8} + 222 = 677\ A.$$

armierten Bleikabeln, welche in Mannesmannrohrmasten zur Freileitung geführt werden (siehe Abb. 34).

Für die Beleuchtung der Umformerstationen sowie zum Antrieb der Zirkulationspumpen der Wasserstrahl-Erdungsapparate und des Ventilators für das Maschinenhaus ist ein separater Drehstromtransformator (2500/110 *V*, 10 *KVA*) vorgesehen. Die Glühlichtbeleuchtung der Umformerstationen kann im Bedarfsfalle auf einen Teil der Akkumulatorenbatterien umgeschaltet werden.

Zur Verständigung der Umformerstationen untereinander und mit der Direktion des Elektrizitätswerkes, bezw. mit der

Haupttransformatorenstation Trient und der Betriebsleitung der Lokalbahn dient eine Telephonanlage, deren zweidrähtige Leitung zwischen Trient und Mostizzolo fast durchwegs am Fahrleitungsgestänge verlegt wurde.

Die zur Speisung der Umformerstationen bestimmte Hochspannungsfernleitung Trient—Mostizzolo beginnt im Anschluß an die Fernleitung Dro—Trient bei der Haupttransformatorenstation Trient und besitzt auf der Strecke Trient—Sabino einen Querschnitt von $3 \times 25\ mm^2$, auf der Strecke Sabino—Mostizzolo jedoch einen Querschnitt von $3 \times 20\ mm^2$ hart gezogenen Kupfers.



Abb. 34 Umformerstation Mostizzolo, Kabelüberführungsmast, Streckentrenner

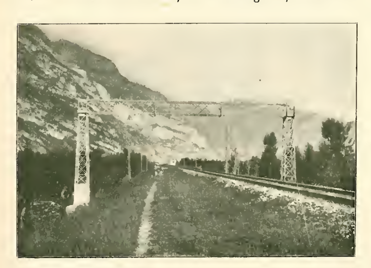


Abb. 35 Überführung der 20.000 Volt-Fernleitung über die Südbahn nächst Lavis

Diese Hochspannungsfernleitung, deren gesamte Trassenlänge 42·8 *km* beträgt, folgt von Trient zunächst dem Schutzdamm der Etsch und übersetzt sodann unweit des Avisio-Viaduktes die Südbahn mittels einer eisernen Fachwerkskonstruktion (Abb. 35). Die Entfernung der vertikalen Stützpfeiler beträgt 27 *m*, die lichte Höhe des Querträgers über Schienenoberkante 7 *m*. Die Fernleitung wendet sich nun dem Wildbett des Avisio zu, das sie mit einer Spannweite von 165 *m* übersetzt. Bei dieser Kreuzungsstelle besteht die Leitung aus drei dreidrähtigen Bronzeseilen von je 25 mm^2 Querschnitt, die an jedem Stützpunkte an zwei in der Leitungsrichtung hintereinander angeordneten Isolatoren befestigt sind. Die Hochspannungsfernleitung erreicht sodann, nachdem sie nächst der Südbahnstation Lavis die staatlichen Schwachstromleitungen in einer eisernen Fahrwerkskonstruktion übersetzt hat, die Umformerstation Pressano (Km 9·1 der Fernleitung). Kurz darauf überquert sie neuerlich die Südbahn (eiserne Gitterkonstruktion, Entfernung der vertikalen Stützpfeiler 21·6 *m*), verläuft sodann parallel mit der Reichsstraße und wendet sich nach Übersetzung der Etsch dem Nocefluß zu, den sie bei der Straßen- und Lokalbahnbrücke zwischen San Michele und Mezolombardo erreicht. Weiterhin den Noce-



Abb. 36 Kreuzung der Hochspannungs-Fernleitung mit der Lokalbahn und der Reichsstraße nächst Sabino

schutzdämmen folgend, wird dieser Fluß bei der sogenannten Fucinabrücke überquert, worauf die Fernleitung über Weingärten in gerader Linie verläuft, um unterhalb der Lokalbahnhaltestelle Rocchetta neuerdings an das linke Flußufer zu gelangen (siehe Abb. 6). Die hierauf folgende Kreuzung der Lokalbahn und der Reichsstraße ist mittels eines allseitig geschlossenen Schutznetzes ausgeführt. Die Fernleitung geht neuerdings an das rechte Noceufer, auf dem sie im allgemeinen dem Zuge der Reichsstraße folgt, um unmittelbar vor Sabino mit einer Spannweite von 170 *m* (Ausführung analog der Avisioübersetzung) wieder auf das linke Flußufer und nach Überquerung der Bahn und der Reichsstraße (geschlossenes Schutz-

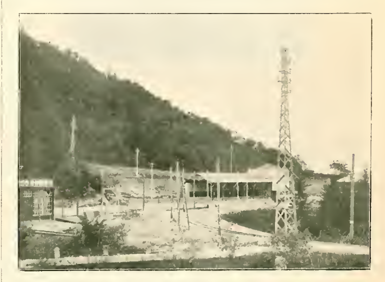


Abb. 37 Kreuzung der Hochspannungsfreileitung mit der Reichsstraße und der Dermulo-Mendelbahn

netz, Abb. 36) zur Umformerstation Sabino zu gelangen (Fernleitungskilometer 25·74). Die Leitung kreuzt dann mittels Stahldrahtsuspension zweimal die Lokalbahn Trient—Malè (zwischen Mollaro und Sabino) und sodann nächst Dermulo die Reichsstraße und die Dermulo-Mendelbahn (Vielfachaufhängung, Abb. 37). Weiterhin in der Nähe der Reichsstraße und parallel mit dieser verlaufend, überquert die Leitung den

Nocefluß neben der S. Giustinabrücke und kreuzt im weiteren Verlauf zweimal die Lokalbahn, die Reichsstraße und die staatlichen Schwachstromleitungen (eiserne Fachwerkskonstruktionen). Sodann über den zwischen Reichsstraße und Nocefluß gelegenen Rücken führend, überquert die Fernleitung zwischen Cles und Dres neuerdings die Reichsstraße, dann die Lokalbahn und hierauf noch zweimal die Straße, die Lokalbahn und die staatlichen Schwachstromleitungen (Fachwerkskonstruktionen) und erreicht in Km 42·7 die dritte Umformerstation Mostizzolo.

Die Hochspannungsfernleitung Trient—Mostizzolo wurde auf den in Abb. 38, Tafel IV, dargestellten Isolatoren verlegt, die an eisernen Masten in der aus Abb. 39 ersichtlichen Weise montiert wurden. Diese Isolatoren, die wesentlich kleiner sind als jene der Fernleitung Dro—Trient, haben sich ebenso wie die letzteren sehr gut bewährt. Es ist überhaupt sowohl auf der Fernleitungsstrecke Dro—Trient als auch auf der Strecke Trient—Mostizzolo bisher keine Betriebsstörung infolge Isolatorendefekt zu verzeichnen gewesen.

Der Abstand der eisernen Maste beträgt in der kurrenten Strecke vorwiegend 100 *m*, welcher Abstand in Kurven entsprechend verringert wurde.



Abb. 41 Doppel-T-Mast mit Fangbügeln

In der kurrenten Strecke der Hochspannungsfernleitung ist jeder siebente bis achte Mast ein Gittermast (Abb. 39, Tafel IV), der sowohl senkrecht zur Leitungsrichtung (gegen Winddruck) als auch in der Leitungsrichtung (bei Drahtbrüchen) vollkommen widerstandsfähig ist, während die Zwischenmaste aus Doppel-T-Trägern Profil 18 *a*, bezw. 22 *a* bestehen, welche nur in der Richtung senkrecht auf die Leitungstrasse, also gegen Winddruck unnachgiebig, in der Richtung der Leitungstrasse (also bei Drahtbrüchen) aber elastisch sind. Hiedurch wurde bei vollkommen hinreichender Sicherheit der Leitungsanlage eine wesentliche Ersparnis gegenüber der ausschließlichen Verwendung von in beiden Hauptrichtungen vollkommen widerstandsfähigen (starren) Gittermasten erzielt. Außerdem sind in allen Winkelpunkten unter 160⁰ Gittermaste zur Verwendung gelangt, während in Bruchpunkten zwischen 160⁰ und 170⁰ Doppel-T-Maste Profil 22 *a*, in der Geraden und in Winkeln bis 170⁰ aber Doppel-T-Maste Profil 18 *a* aufgestellt wurden.

Auf der Spitze sämtlicher Leistungsmaste wurde ein durchlaufender Blitzschutz- und Erdungsdraht (6 *mm* Stahldraht) verlegt, und sind sämtliche Maste mit Auffangspitzen von 500 *mm* Länge ausgestattet worden.

Dort, wo die Leitung über Weingärten und unmittelbar neben der Reichsstraße geführt ist, sind an den Masten Erdungsringe angebracht (Abb. 40, Tafel IV), während in allen Winkelpunkten Fangbügel vorgesehen sind (Abb. 41).

Der Eintritt, bezw. der Austritt der 20.000 *V*-Leitungen in die Umformerstationen wird durch geräumige Türme aus Eisenkonstruktion vermittelt. Die Einführung der Leitungen in diese Türme erfolgt durch doppelte, in einem Abstand von 180 *mm* angeordnete 1 *cm* starke Spiegelglastafeln (Abb. 41 *a*).

Die Fernleitung Trient—Mostizzolo ist durch die Umformerstationen in drei Sektionen geteilt. Um aber bei eventuellen Leitungsdefekten das Auffinden von Fehlern zu erleichtern, wurden außerdem an zehn Masten Trennschalter angebracht (Abb. 42, Tafel IV) und hiedurch insgesamt 13 Sektionen von 1·6 bis 4·9 *km* Länge geschaffen.

Im nachstehenden sei nun eine kurze Beschreibung der neuen Elektrizitätswerksanlagen der Stadtgemeinde Trient gegeben, wobei hinsichtlich des baulichen Teiles des Elektrizitätswerkes an der Sarca der dem Verfasser von Herrn Ing. A. Fogaroli, dem die Leitung des umfangreichen und zum Teil sehr schwierigen Baues übertragen war, zur Verfügung gestellte ausführliche Bericht zugrundegelegt wird.

Die Stadtgemeinde Trient hatte im Jahre 1886 über Initiative ihres ehemaligen, hochverdienten Bürgermeisters

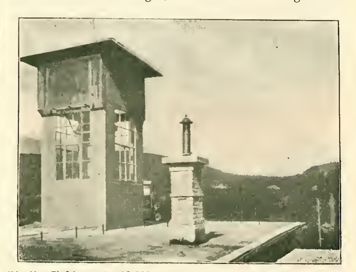


Abb. 41 a Einführung der 20.000 Volt-Freileitung in die Umformerstation Sabino

Oss Mazzurana eine eigene hydroelektrische Anlage an der Fersina mit einer Leistungsfähigkeit von 500 *KW* erbaut, um die Stadt mit Licht und Kraft zu versorgen. Dieses Werk, eine der ältesten elektrischen Zentralen Österreichs und die erste nach dem Fünfleitersystem (4×110 *V*) gebaute Anlage überhaupt, wurde zunächst durch eine Akkumulatorenbatterie, später durch eine 75 *KW*-Dampfreserve und durch ein Staubassin ausgestaltet, erwies sich aber trotzdem mit der Zeit mit Rücksicht auf die wachsenden Bedürfnisse als unzureichend.

Die Stadt suchte den wachsenden Ansprüchen zunächst durch Lieferung von Leuchtgas zu begegnen, das in eigener Regie erzeugt wurde. Aber schließlich schien eine radikale Lösung, nämlich der Bau einer neuen Elektrizitätszentrale, unabweislich, um so mehr, als der Bau elektrischer Bahnen in ernste Erwägung gezogen wurde, um bessere Verbindungen mit den benachbarten Tälern zu schaffen.

Der Stadt Trient wurde die Konzession zum Bau der Lokalbahn Trient—Malè erteilt, und nun mußte für die Lieferung der nötigen Energie vorgesorgt werden.

Es gelang schließlich, den Bau eines neuen großen Elektrizitätswerkes zu finanzieren, und zwar unter Berücksichtigung des Bedarfes an elektrischer Energie aller Gemeinden, die innerhalb des Aktionsbereiches der neuen Anlage sich befinden, und unter Rücksichtnahme auf die voraussichtliche Entwicklung der lokalen Industrie. Das neue Werk mußte aber noch einer

weiteren Entwicklung fähig sein, und zwar in der Erwartung, daß andere gegenwärtig noch im Projektsstadium befindliche Bahnlinien zur Ausführung gelangen und daß neue Industrien entstehen werden.

Nach umfangreichen Studien und Erhebungen über verschiedene Projekte, speziell auch über die Ausnutzung der Wasserkraft des Avisio, wurde die Errichtung eines neuen Elektrizitätswerkes an der Sarca, nördlich von Arco und za. 23 *km* von Trient entfernt, beschlossen.

Die Sarca entsteht aus drei Quellbächen, Sarca di Campiglio, Sarca di Nambron und Sarca di Genova, die ihre Zuflüsse aus der Brenta-, Presanella- und Adamellogruppe erhalten und sich nächst Pinzolo vereinigen (siehe Übersichtskarte, Abb.1). Die Sarca durchläuft dann in südlicher Richtung das Rendenatal bis Tione und wendet sich nun nach Osten in das Judikariental, aus dem sie nach Passierung einer wildromantischen Schlucht bei Alle Sarche in das sogenannte Seetal (Valle del Lago) tritt. Bis hieher beträgt das Niederschlagsgebiet, dessen Meereshöhe zwischen 260 und 3560 *m* variiert, rund 825 km^2. Die Ausdehnung der Gletscher der Presanella-, Adamello- und Brentagruppe, die einen Teil dieses Gebietes bilden, mißt 25 km^2. In dem Niederschlagsgebiet liegen mehrere kleine Seen, die — mit Ausschluß des Sees von Cavedine — eine Gesamtoberfläche von 3·76 km^2 haben.

Die Sarca hat von der Gobbobrücke (1·5 *km* südlich von Alle Sarche) bis Arco ein mittleres Gefälle von rund 11‰. In dieser Strecke, besonders zwischen den Ortschaften Pietra Murata und Dro, wird die Beschaffenheit des Tales und der Lauf des Flusses durch ein geologisches Phänomen, eine ungeheure Anhäufung von Felsblöcken, stark beeinflußt, über dessen Ursache verschiedene Meinungen bestehen. Der technische Berater der Stadt Trient, Ingenieur Oss, hat in einem Berichte über seine Projektsstudien die Ansicht der Professoren Omboni und Paglia angeführt, welche dieses Trümmerfeld als große Moränen ansehen, während Stoppani und Taramelli zur Ansicht hinneigen, daß es sich hier um kolossale Bergstürze handelt, und Lepsius schließlich meint, daß in diesen sogenannten „Marocche" sowohl die Wirkungen der Moränen als auch der Bergstürze zu erkennen seien.

Wie dem auch sei, gleich unterhalb der Ortschaft Pietra Murata (siehe Lageplan, Abb. 43, Tafel IX) beschleunigt die Sarca ihren Lauf und bahnt sich mit einem durchschnittlichen Gefälle von za. 15‰ in vielen kleinen Fällen zwischen den riesigen Felsblöcken ihren Weg bis gegen Dro, von wo sie dann ein geringeres Gefälle und ein regelmäßigeres Bett aufweist.

Das Projekt hatte es sich zur Aufgabe gemacht, dieses Gefälle zwischen Pietra Murata und Dro in der Weise auszunutzen, daß das Wasser der Sarca in einem geeigneten Punkte gefaßt und in den Cavedinesee abgeleitet wird, um es von dort mittels eines Stollens mit anschließendem offenen Kanale durch die „Marocche" zu einem Wasserschloß zu führen, von wo es durch Rohrleitungen den Turbinen zugeführt wird, um sodann wieder in das Flußbett zu gelangen (siehe Lageplan, Abb. 43 und Längenprofil, Abb. 44, Tafel IX).

In den Cavedinesee ergießt sich auch der sogenannte Rimone di Toblino, welcher den Abfluß der zwei nördlich von Alle Sarche gelegenen Seen von S. Massenza und Toblino bildet, und dessen Wassermenge für die Leistungsfähigkeit der neuen Anlage nicht ohne Belang ist.

Beim Studium der Niederschlagsverhältnisse des Sarcabeckens fanden die Experten der Stadt Trient in einem vierjährigen Durchschnitt eine mittlere Regenhöhe von 1214 *mm*. Der bei der Brücke Alle Sarche angebrachte Pegel zeigt zur Zeit des tiefsten Wasserstandes 0·15 *m* unter und zur Zeit des höchsten Wasserstandes 1·80 bis 2·20 *m* über Null. Der größte Wasserstand der letzten Zeit wurde am 8. November 1906 beobachtet; er überstieg bei weitem die gewöhnlichen Hochwässer, und wurde die abfließende Wassermenge bei Pietra Murata mit za. 700 m^3/Sek. berechnet.

Das normale Niedrigwasser der Sarca beträgt nach den von Ing. Oss vorgenommenen Messungen und Berechnungen 11 m^3/Sek. Der Vorgenannte meint aber, daß diese Menge bis auf 8·57 m^3/Sek. sinken kann, und auch diese Grenze fanden die seitens der Stadtgemeinde Trient zur Abgabe eines Gutachtens eingeladenen Experten noch etwas zu hoch.

Aus den in den letzten Jahren vorgenommenen Messungen scheint jedoch hervorzugehen, daß man während der jährlichen Tiefstände der Sarca auf 9·50 m^3/Sek. rechnen kann und Unterschreitungen dieser Wassermenge nur ganz ausnahmsweise vorkommen und von kurzer Dauer sind.

Die Wassermenge des Rimone di Toblino sinkt nicht unter 1 m^3/Sek., so daß also für die neue Wasserkraftanlage mit einem Niedrigstwasser von 10·5 m^3/Sek. zu rechnen war.

Das Werk kann aber effektiv über eine bedeutend größere Energie verfügen als jene, welche der aus dem Sarcaflusse und dem Rimone di Toblino zufließenden Wassermenge entsprechen würde, indem der als Staubassin verfügbare Cavedinesee vorzüglich geeignet ist, die täglichen bedeutenden Schwankungen des Bedarfes an Energie für Beleuchtungs- und Kraftbetriebszwecke zu decken, so daß es auf Grund eingehender Untersuchungen angemessen erschien, die wasserbaulichen Anlagen talabwärts vom Cavedinesee für eine Wassermenge von 18 m^3/Sek. zu bemessen.

Die wasserbaulichen Anlagen des Werkes umfassen:

1. Das Wehr in der Sarca und die Erhöhung der Uferschutzdämme flußaufwärts;
2. die Wasserfassung;
3. den Oberwasserkanal von Pietra Murata zum Cavedinesee;
4. den Durchstich der Landenge zwischen Cavedinesee und Laghisol;
5. die Wasserfassung beim Laghisol und den Stollen durch die Marocche;
6. den offenen Kanal in den Marocche;
7. Wasserschloß und Überlauf und
8. den Überfall (Leerlauf).

Das Wehr in der Sarca ist in schiefer Richtung zum Flußlaufe gebaut, und liegt die Kronenhöhe mit der Kote 239 um 0·8 *m* höher als der alte Kiesgrund und 0·2 *m* über dem tiefsten Wasserstand, der vor dem Baue des Wehres konstatiert worden ist. Das Wehr besteht aus Steinmauerwerk mit Verkleidung der sichtbaren Flächen und ist an der Krone mit großen verklammerten Porphyrplatten bedeckt. Talwärts vom Wehr und 1 *m* unter der Krone wurde ein 60 *cm* starkes Trockenpflaster von 5 *m* Breite ausgeführt, das durch einen starken Rost von Lärchenbalken verstärkt wird.

Die durch das Wehr hervorgerufene Stauung wurde für den Höchstwasserstand mit 60 *cm* berechnet und erstreckt sich bis auf eine Länge von 400 *m* flußaufwärts, wodurch eine entsprechende Erhöhung der vorhandenen Uferschutzdämme bedingt war.

Die Wasserfassung (Abb. 45) liegt am linken Ufer der Sarca und hat vier Öffnungen von je 2 *m* Breite, deren Sohle auf der Kote 238·1, also um 90 *cm* tiefer als die Wehrkrone, liegt. Die Einflußöffnungen besitzen keine Rechen, sondern nur Schützen, um den Wasserzufluß nach Belieben regeln zu können. Neben diesen vier Einläufen liegt eine fünfte Öffnung, die ebenfalls 2 *m* breit ist, deren Sohle aber um 60 *cm* tiefer liegt, und an die sich der Schotterabfuhrkanal anschließt.

Durch die vier Einläufe gelangt das Wasser in ein Klärbassin von 90 *m* Länge und 11·6 *m* Breite, dessen Grund in der gleichen Höhe wie die Schwelle der Einlaufschützen liegt, das sich talwärts aber bis auf die Kote 237·5 senkt. Die rechte Seitenmauer des Bassins ist zu einem Überlauf von 50 *m* Länge ausgebildet, dessen Krone auf Kote 239·1 liegt und mit Porphyrplatten abgedeckt ist.

Die Krone der Umfassungsmauer des Klärbassins hat die Kote 240, während das Hochwasser der Sarca bis auf 241·55

steigen kann. Hieraus ergab sich die Notwendigkeit die gesamten Fassungs- und Einlaufsobjekte mit einem besonderen Damm zu umschließen, dessen Krone die Kote 243 hat, um Überflutungen hintanzuhalten.

Der Schotterabfuhrkanal ist dort, wo er diesen Schutzdamm durchdringt, mit einer Sicherheitsschleuse versehen, welche verkehrt, d. h. also gegen die Stauung funktioniert, und die gleichzeitig mit der Schütze an der Einmündung des Schotterabfuhrkanales beim Wehr geschlossen werden muß. Da also in diesem Falle der Überfall zu wirken aufhört, muß nun der Zufluß des Wassers in den Oberwasserkanal ausschließlich mit den Einlaufschützen am Wehr reguliert werden, während die Schützen in dem das Klärbassin talwärts abschließenden Objekt geöffnet bleiben. Dieses Objekt, in dem außer den Schützen auch noch Feinrechen angeordnet sind, vermittelt den Übergang vom Bassin zum Oberwasserkanal, dessen Sohle um za. 1·5 *m* tiefer als die Sohle des Klärbassins gelegt werden mußte. Es schien nämlich, teils mit Rücksicht auf die Beschaffenheit des Terrains, teils um den Einwendungen der Besitzer der angrenzenden Grundstücke gegen eine etwaige Überflutung des unter Aufwendung großer Kosten fruchtbar gemachten Bodens zu begegnen, unbedingt erforderlich, den Oberwasserkanal in das Terrain einzulassen.



Abb. 45 Einlauf, Klärbassin und Überfall

Der Oberwasserkanal zwischen Klärbassin und Cavedinesee hat eine Länge von 1250 *m* und das aus Abb. 46 a, Tafel V, ersichtliche Profil. Bei einem Sohlengefälle von 1·5‰ und einer mittleren Wassergeschwindigkeit von 1·8 *m* beträgt die durchgeführte Wassermenge 10 m^3, was einer Wasserhöhe von 1·5 *m* entspricht, so daß bis zur Mauerwerksoberkante noch eine freie Höhe von 0·7 *m* bleibt.

Bei der Mündung in den See endigt der Kanal in einem Holzgerinne, mit dem die Einmündung an eine Stelle verlegt wird, wo der See bereits eine derartige Tiefe besitzt, daß die Ablagerungen nicht mit der Zeit den Abfluß des Rimone di Dro verlegen können.

Dieser Abfluß des Cavedinesees wurde zwar nach Fertigstellung der übrigen Arbeiten mit einem Damme verschlossen, um den Seewasserspiegel auf dem normalen Niveau von 235·8 *m* zu erhalten, dient jedoch gegenwärtig noch dazu, beim Steigen des Wassers über die Kote von 235·8 das überschüssige Wasser in die Sarca abzuführen.

An den Cavedinesee schließt sich am Südende ein kleiner See (Laghisol), der ursprünglich vom Cavedinesee durch eine schmale Landenge getrennt war, deren Vorhandensein die Bauarbeiten in dem Stollen wesentlich erleichterte, die aber nach Beendigung der übrigen Arbeiten durchstochen wurde, wodurch der Cavedinesee in direkte Verbindung mit dem Laghisol und dem Stollen gebracht wurde (Abb. 47).

Der Anschluß des durch die sogenannte „Marocche“ führenden Stollens an den Laghisol wird durch ein besonderes Fassungsgebäude vermittelt (Abb. 48), das drei Schleusenöffnungen von 1·8 × 2 *m* besitzt, und dessen Sohle auf der Kote 232·30 liegt.

Die Sohle des Stollenanfanges liegt auf Kote 231·8, und da bei einer Durchflußmenge von 15 m^3 der Wasserstand im Stollen 1·94 *m* beträgt, so besteht zwischen dem normalen Seewasserspiegel und dem Wasserspiegel talwärts vom Fassungsobjekt ein Höhenunterschied von 2 *m*. Diese Anordnung ermöglicht es, den See nicht nur als Speicher für den Ausgleich der täglichen Konsumschwankungen zu benutzen, sondern im Bedarfsfalle auch die Wasserfassung am Wehr ohne Unterbrechung des Betriebes vorübergehend zur Vornahme von Reinigungs- oder Reparaturarbeiten außer Betrieb zu setzen.



Abb. 47 Cavedinesee und Laghisol

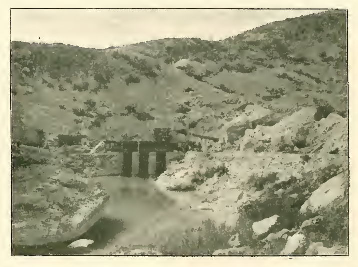


Abb. 48 Fassungsobjekt beim Stollenanfang im Laghisol

Die Einlauföffnungen bei dem gegenständlichen Fassungsobjekte besitzen einen Grobrechen aus Eisenröhren und Regulierschützen.

Wegen des hohen Druckes, welcher 2 bis 3·5 *m* Wassersäule betragen kann, und um zu vermeiden, daß bei einem etwaigen Defekte an einer Schütze der Anlage irgend ein Schaden zugefügt werden könne, wurden in jeder der drei Einlauföffnungen zwei Schützen hintereinander in einem Abstand von 4 *m* angeordnet.

Der an dieses Objekt anschließende Stollen durch die Marocche ist geradlinig und besitzt eine Länge von 499·35 *m*

bei einem Sohlengefälle von 1·5‰. Der Querschnitt ist aus Abb. 46 b, Tafel V, zu entnehmen, die größte Kapazität beträgt 18 m^3/Sek.

Der offene Kanal, der sich an den Stollen anschließt, Querprofil Abb. 46 c, Tafel V, hat ebenfalls ein Sohlengefälle von 1·5‰ und weist mannigfache Krümmungen auf, da es notwendig war, sich dem Terrain anzuschmiegen, um zu große Sprengarbeiten zu vermeiden (Abb. 49 und 50). Die Länge des Kanales beträgt 523·2 *m*, der kleinste Radius 30 *m*. Der



Abb. 49 Offener Kanal in den Marocche, Stollenportal

Kanal ist auf seiner ganzen Länge an den wasserbespülten Flächen mit geschliffenem Zementverputz versehen. Der Herstellung des Kanalmauerwerkes wurde besondere Sorgfalt zugewendet, um Wasserverluste in dem sehr durchlässigen Terrain der Marocche zu vermeiden.



Abb. 50 Offener Kanal in den Marocche

Das Wasserschloß (Abb. 51), welches sich an den Oberwasserkanal anschließt, wurde bereits jetzt so hergestellt, wie es dem vollständigen Ausbau der Wasserkraftanlage entspricht.

Der Überlauf ist parallel zum Bassin an der linken Seite angelegt. Die Überlaufkante liegt auf der Kote 232·5, die Krone der Umfassungsmauern des Wasserschlosses auf der Kote 233·8. Da der Überlauf eine Länge von 55·2 *m* hat, ist er imstande, eventuell auch das ganze durch den Kanal zugeführte Wasser abzuleiten.

Das Wasserschloß ist durch Zwischenmauern in Kammern von 5 *m* Länge und 2·5 *m* Breite geteilt, an die sich talwärts die Druckrohrleitungen anschließen. Jede dieser Kammern ist mit einem Feinrechen und mit einer Schütze versehen.

Die Bauarbeiten für die Wasserkraftanlage wurden im Frühjahr 1906 begonnen. Die Ausführung des Wehres, der Wasserfassung bei Pietra Murata und des Zuleitungskanals zum Cavedinesee bot keine das gewöhnliche Maß übersteigende Schwierigkeiten. Die Arbeiten an den letzten 300 *m* des Kanals vor dessen Einmündung in den Cavedinesee wurden im Jahre 1908 unterbrochen, da zuerst der Stollen durch die Marocche, das Fassungsobjekt beim Laghisol und der Durchstich der Landenge zwischen Cavedinesee und Laghisol so weit fertiggestellt werden sollten, um das Wasser des Sees und des Rimone di Toblino durch den Stollen ableiten zu können und hiedurch eine solche Senkung des Seewasserspiegels zu erreichen, daß die letzte Strecke des Kanales im Trockenen fertiggestellt werden konnte. Dies geschah in den Monaten Juni und Juli 1909.

Wesentlich größere Schwierigkeit bot die Herstellung des Stollens durch die Marocche, insbesondere die an den Laghisol anschließende Strecke und die Fundierung des Stollen-Einlaufobjektes, da die Beschaffenheit des Terrains das Eindringen von Wasser sowohl in den Stollen, als auch insbesondere in die Baugrube des Fassungsobjektes sehr begünstigte. Die Ausführung der letzten 45 *m* der Stollensohle und des Fassungsobjektes beanspruchte unter diesen Umständen außergewöhnlich lange Zeit und konnte erst im April 1909 beendet werden,

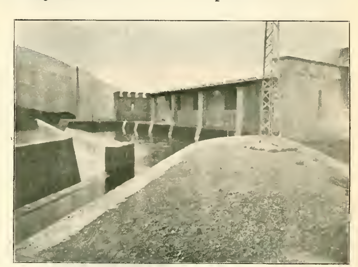


Abb. 51 Wasserschloß

worauf sofort mit dem Durchstiche zwischen Cavedinesee und Laghisol begonnen wurde. Nach Beendigung dieser Arbeit wurden die seeseitigen Abschlußdämme des Rimone di Dro und des Rimone di Toblino, die hergestellt worden waren, um einen Zufluß in den Cavedinesee zu verhindern und eine möglichst große Senkung des Seewasserspiegels während der Arbeiten im Stollen und am Fassungsobjekt im Laghisol zu erreichen, beseitigt und — wie schon oben erwähnt — der Zuleitungskanal in den Cavedinesee fertiggestellt.

Die Anordnung der vom Wasserschloß ausgehenden Druckrohrleitungen, dann die Gesamtdisposition des Elektrizitätswerkes ist aus den Abb. 52 bis 54 ersichtlich.

Um eine möglichst große Unabhängigkeit zwischen den einzelnen Maschinengruppen zu haben, wurde für jede Hauptturbine eine eigene Rohrleitung ausgeführt, während die beiden Erregerturbinen an eine gemeinschaftliche Rohrleitung angeschlossen sind.

Die für den ersten Ausbau zur Ausführung gelangten drei Rohrleitungen für die Generatorturbinen haben je 1250 *mm* lichten Durchmesser, während die Erregerturbinenleitung einen Durchmesser von 500 *mm* aufweist.

Bei normaler Belastung der Turbinen, d. i. bei 1500 *PS*, beträgt die Wassergeschwindigkeit in der Rohrleitung 2·25 *m* pro Sekunde, was bei einer Länge von za. 170 *m* einen Druck-

verlust von 0·87 *m* ergibt, während bei Vollast, d. i. bei 1875 *PS*, die Geschwindigkeit 2·7 *m*, der Druckverlust aber 1·33 *m* beträgt.

Das Bruttogefälle von Überfallkante des Wasserschlosses bis zum Unterwasserspiegel beträgt bei einem Durchflusse von 18 m^3 durch den Unterwasserkanal 52·89 *m*.

Die Druckleitung besteht aus genieteten Eisenblechröhren mit schmiedeisernen Flanschen und einer Baulänge von 6 *m*. Die Wandstärken betragen in den verschiedenen Druckzonen 6 bis 10 *mm* bei den Hauptleitungen, bezw. 4 bis



Abb. 52 Elektrizitätswerk an der Sarca, Gesamtansicht

6 *mm* bei der 500 *mm*-Leitung. Die Dichtung zwischen den einzelnen Rohren erfolgt mit einem Flacheisenring und einem Gummiring.

Die Rohrleitung ist in ihren beiden Krümmungspunkten entsprechend verankert und beim Wasserschloß und im mittleren



Abb. 53 Elektrizitätswerk an der Sarca, Wasserschloß, Druckrohrleitungen und Kraftwerk

Fixpunkt mit Ausdehnungsstücken versehen, die für einen Temperaturunterschied von 70° C berechnet sind.

Am Ende der großen Leitungen befinden sich hydraulisch zu betätigende Absperrschieber mit einem lichten Durchmesser von 1000 *mm* und eine Entleerungsleitung von 400 *mm* Durchmesser.

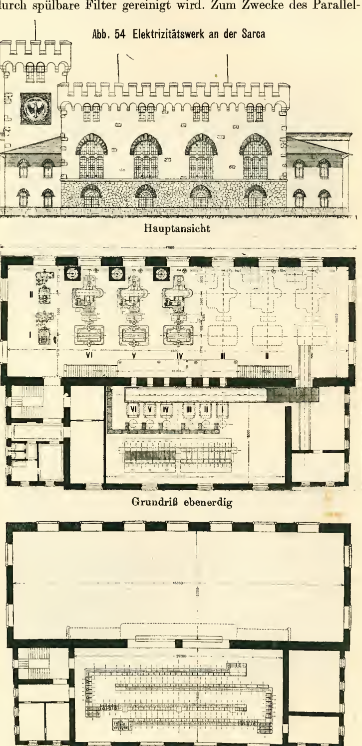
Sämtliche T u r b i n e n sind als Spiralfrancisturbinen mit F i n k scher Drehschaufelregulierung ausgeführt.

Die G e n e r a t o r t u r b i n e n (siehe Abb. 55 und 57) sind doppelkränzig mit zwei Ablaufbögen, wodurch das Entstehen eines Achsialschubes vermieden wird. Sie arbeiten mit einem Sauggefälle von za. 6 *m* und haben Blechsaugröhren, die achsial versetzt sind, um eine möglichst günstige Wasserabführung zu erhalten. Die Konstruktionsdaten sind aus Abb. 55 ersichtlich.

Die Umlaufszahl der Turbinen wird durch hydraulische Geschwindigkeitsregulatoren beeinflußt.

Als Kraftflüssigkeit dient das Betriebswasser, das noch durch spülbare Filter gereinigt wird. Zum Zwecke des Parallel-

Abb. 54 Elektrizitätswerk an der Sarca



schaltens der Drehstromgeneratoren und um bei jeder Belastung der Maschine die Normaltourenzahl 500 halten zu können, ist eine mechanische Tourenverstellvorrichtung angebracht. Im Bedarfsfalle kann von der selbsttätigen Regulierung auf Handregulierung umgeschaltet werden.

Am Ende der Druckrohrleitung im Rohrboden befinden sich von den Turbinenregulatoren betätigte Druckregulatoren, die bei plötzlichen Entlastungen in Wirksamkeit treten und so schädliche Drucksteigerungen verhindern.

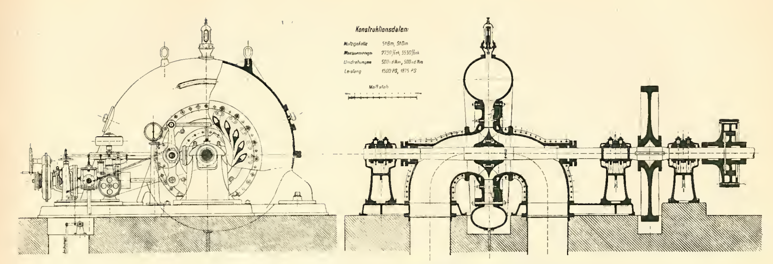


Abb. 55 Spiralturbine für den Antrieb der Drehstromgeneratoren in der Zentrale an der Sarca

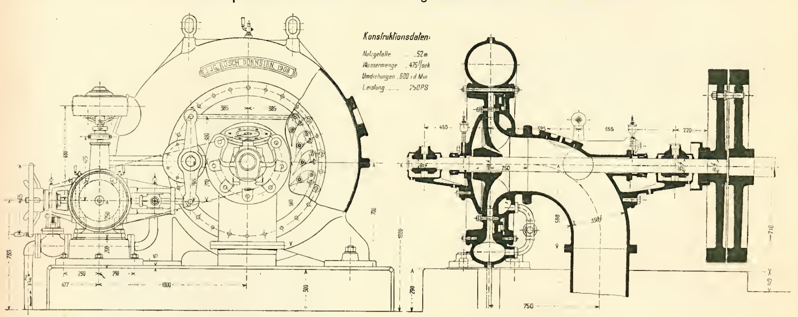


Abb. 56 Spiralturbine für den Antrieb der Erregerdynamos in der Zentrale an der Sarca

Jedes Aggregat besitzt ein Stahlgußschwungrad, das mit einer Umfangsgeschwindigkeit von 65 *m* rotiert.

Um eine rasche Demontage der Turbinen zu ermöglichen, sind sowohl das Spiralgehäuse als auch die beiden Saugrohrkrümmer zweiteilig ausgeführt und auf einer gemeinsamen Fundamentplatte montiert.

Die Erregerturbinen (Abb. 56 und 57) sind einfache Spiral-Francisturbinen und zur Vermeidung eines achsialen Schubes mit Umleitungsrohr ausgeführt. Die Konstruktion der Turbine und des Regulators ist ähnlich wie die der Generatorturbinen. Die Druckregulierung dieser Gruppe erfolgt jedoch durch einen Druckregler, der unabhängig von den Regulatoren wirkt und zwischen den beiden Turbinen im Rohrboden aufgestellt ist.

Jede der drei Hauptturbinen treibt mittels elastischer Gummibandkupplung einen Drehstromgenerator WJd 1590/500 (siehe Abb. 57) der Österr. Siemens-Schuckert-Werke für eine Dauerleistung von 1000 *KW* bei cos $\varphi = 0{\cdot}8$ (1250 *KVA*) an. Die Umlaufzahl beträgt, wie bereits erwähnt, 500, die verkettete Spannung 5000 *V*, die Periodenzahl 50 in der Sekunde. Jeder Generator kann zwei Stunden hindurch mit 25% überlastet werden, wobei die Leistung 1250 *KW* bei cos $\varphi = 0{\cdot}8$ beträgt.

Die Generatoren sind derart gebaut, daß sie, ohne eine mechanische oder elektrische Beschädigung zu erleiden, eine plötzliche Erhöhung der Umlaufszahl um 100% vertragen. Das in den Läufern der Generatoren untergebrachte Schwungmoment beträgt 15.000 kg/m^2. Die Übertemperaturen der Statorwicklung und des Statoreisens für verschiedene Belastungen sind aus Abb. 58 zu entnehmen. Bei einer Überlastung von 25% (1250 *KW* bei cos $\varphi = 0{\cdot}8$) wird erst nach zweistündigem Betriebe eine Übertemperatur von 45° C erreicht. Die Hochspannungswicklung der Generatoren wurde durch eine halbe Stunde hindurch mit 10.000 *V* geprüft. Der Nutzeffekt der

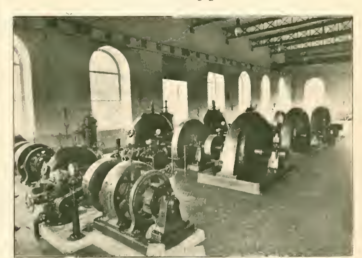


Abb. 57 Elektrizitätswerk an der Sarca, Maschinensaal

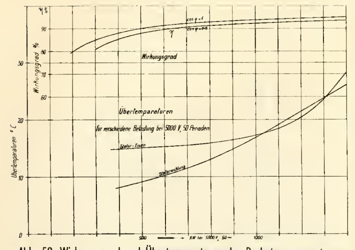


Abb. 58 Wirkungsgrad und Übertemperaturen der Drehstromgeneratoren der Sarcawerke

Generatoren bei cos φ = 1 und cos φ = 0·8 für verschiedene Belastungen ist ebenfalls aus Abb. 58 zu entnehmen. Der Spannungsabfall, siehe Abb. 59, beträgt bei cos φ = 1, Normalspannung und Normalbelastung 5·88% und bei cos φ = 0·88, Normalspannung und Normalstrom 12·9%. Die Wirkungsgrade der Turbinen und der Gesamtaggregate sind aus Abb. 60 zu entnehmen.

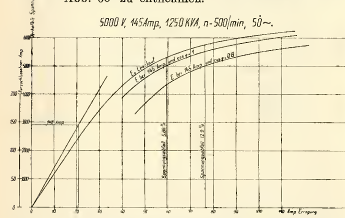


Abb. 59 Leerlauf- und Belastungscharakteristik der Drehstromgeneratoren der Sarcawerke

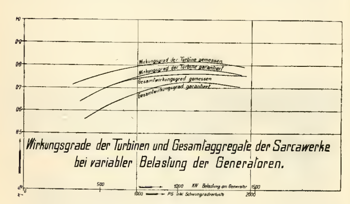


Abb. 60

Die Erregung der Drehstromgeneratoren erfolgt durch Gleichstrom von 115 *V* Spannung, welcher von separaten Erregermaschinen-Aggregaten erzeugt wird. Jeder der Hauptgeneratoren ist mit einer Handreguliervorrichtung versehen. Außerdem ist eine solche Anordnung getroffen, daß, je nachdem die Generatoren auf die Bahn- oder auf die Lichtschienen arbeiten, eine gruppenweise Regulierung durch geeignete Kupplungseinrichtungen möglich ist.

Die Erregerdynamos, welche von den oben erwähnten 250 *PS*-Turbinen mittels elastischer Kupplungen angetrieben werden, sind für eine normale Leistung von je 130 *KW* bei 120 bis 130 *V* Spannung und 600 Umdrehungen in der Minute gebaut.

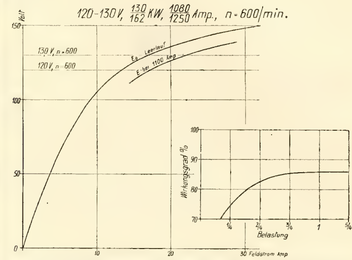


Abb. 61 Belastungscharakteristik und Wirkungsgrad der Erregerdynamos

Jede der Erregerdynamos, von denen eine in Reserve ist, vermag 160 *KW* bei 120 bis 130 *V* Spannung dauernd abzugeben, ohne sich über die zulässigen Grenzen zu erwärmen, und ist auch imstande, plötzliche Überlastungen von 50% auszuhalten, ohne daß der Kollektor oder andere Teile eine Beschädigung erfahren. Der Spannungsabfall beträgt bei Normalspannung und bei Normalleistung 9·15% (siehe Abb. 61, aus der auch der Wirkungsgrad zu ersehen ist).

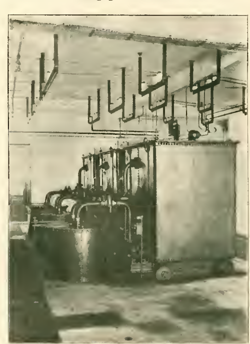


Abb. 62 Öltransformatoren der Sarcawerke

Die drei Drehstromöltransformatoren mit Wasserkühlung, Type MW 760 (Abb. 62), sind für eine Dauerleistung von 1250 *KVA* (1000 *KW* bei cos φ = 0·8), 5000/20.000 und 50 Perioden in der Sekunde gebaut. Die Transformatoren können durch zwei Stunden eine Leistung von 1500 *KVA* (20% Überlastung) und fünf Minuten hindurch 1700 *KVA* (40% Überlastung) abgeben.

Spannungsabfall, Übererwärmung und Wirkungsgrad sind aus Abb. 63 zu entnehmen. Sämtliche 20.000 *V*-Spulen

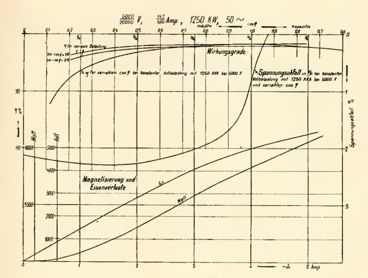


Abb. 63 Wirkungsgrad, Spannungsabfall, Magnetisierung und Eisenverluste der Drehstromtransformatoren der Sarcawerke

der Transformatoren wurden in Luft mit 40.000 *V* und vor dem Einbau eine halbe Stunde lang unter Öl mit 60.000 *V*, die 5000 *V*-Spulen mit 20.000, bezw. 25.000 *V* geprüft.

Wie aus dem Schaltungsschema (Abb. 64) zu entnehmen ist, bildet jeder Generator mit dem zugehörigen Transformator eine Gruppe, die je nach Bedarf auf die „Licht- und Kraft"-Sammelschienen oder auf die „Bahn"-Sammelschienen geschaltet werden kann.

Alle Hochspannungsschalter sind Maximalölschalter mit Zeitrelais, welche mittels Schaltmotoren betätigt werden. Diese Schaltmotoren können auch von der Hauptschalttafel im Maschinenraume mit Hilfe der Schalter des betreffenden Hilfsstromkreises geöffnet, bezw. geschlossen werden.

Beide Gruppen von Sammelschienen sind mit einem zweifachen Schutze gegen Überspannungen und atmosphärische Entladungen versehen (Wasserstrahlerdungsapparate, Stufendrosselspulen mit Hörnerblitzableitern).

Die von den Sammelschienen abgehenden Fernleitungen, von denen zunächst zwei Stränge mit einem Querschnitt von je 3 × 50 *mm*² ausgeführt sind, können nach Bedarf auf „Licht und Kraft"-, bezw. auf „Bahn"-Sammelschienen geschaltet werden und sind mit Hörnerblitzschutzvorrichtungen in Sterndreieckschaltung versehen.

Es sei an dieser Stelle erwähnt, daß sich diese Vorrichtungen gegen Überspannungen und atmosphärische Entladungen, die in ganz analoger Weise auch in der Umschaltstation Padergnone, in der Haupttransformatorenstation Trient und in den drei

Abb. 64 Schaltungsschema der Zentrale an der Sarca

Abb. 65 Querschnitt durch die Schaltanlage der Zentrale an der Sarca



Abb. 66 20.000 Volt-Ölschalter usw. in Betonzellen



Abb. 67 20.000 Volt-Sammelschienen in Betonzellen



Abb. 68 20.000 Volt-Stufendrosselspulen und Blitzschutzvorrichtungen in Betonzellen



Abb. 69 20.000 Volt-Fernleitung in den Marocche

Abb. 71 Haupttransformatorenstation Trient, Querschnitt

Umformerstationen für den Bahnbetrieb zur Ausführung gelangten, vorzüglich bewährt haben, indem während des nunmehr sechsmonatlichen Betriebes wohl ein häufiges Ansprechen der Funkenstrecken, niemals aber störende Nebenerscheinungen festzustellen waren, obgleich die insgesamt rund 65 *km* langen 20.000 *V*-Fernleitungen zum Teile über stark exponierte Bergrücken verlaufen.

Die gesamten Hochspannungsschaltanlagen des Elektrizitätswerkes sind in sehr geräumiger und übersichtlicher Weise nach dem Betonzellensystem ausgeführt, wie dies aus den Abb. 65 bis 68 zu ersehen ist.

Vom Elektrizitätswerk führt die 20.000 *V*-Hochspannungsfernleitung mit einer gesamten Trassenlänge von rund 23 *km* zunächst über das Trümmerfeld der Marocche zum Nordende des Cavedinesees (Abb. 69), folgt sodann dem Laufe des Rimone di Toblino und gelangt an der Ortschaft Calavino vorbei zu der in Km 10 gelegenen Umschaltstation Padergnone, verläuft ein Stück in der Nähe der Reichsstraße und wendet sich dann an den Ortschaften Vezzano, Vigolo und Cadine vorbei der engen Schlucht der Buco di Vela zu, durch die sie schließlich in das Tal der Etsch und nach Überquerung dieses Flusses zu der Haupttransformatorenstation Trient gelangt.

Diese Hochspannungsfernleitung besteht durchwegs aus einer doppelten Reihe von eisernen Gittermasten, die so kon-



Abb. 72 Haupttransformatorenstation Trient

struiert sind, daß auf jedem Maste sechs Kupferleitungen verlegt werden können. Der gegenseitige Abstand der beiden Mastreihen voneinander beträgt 4 *m*, die Entfernung der einzelnen Maste der beiden Leitungen normal 100 *m*. Mit Rücksicht auf die örtlichen Verhältnisse ist diese Entfernung an vielen Stellen ermäßigt worden, während ausnahmsweise auch größere Spannweiten, an einer Stelle 171 *m*, zur Anwendung kommen mußten. Zunächst wurde an jedem Gestänge nur ein Leitungsstrang, bestehend aus drei Kupferseilen von je 50 mm^2 Querschnitt, verlegt. Die zur Verwendung gelangte Isolatorentype ist in Abb. 38 dargestellt.

Die vorher erwähnte Umschaltstation Padergnone teilt die Hochspannungsfernleitung Dro-Trient in zwei ungefähr gleich lange Streckenteile und hat in erster Linie den Zweck, bei einem eventuellen Defekt in dem einen oder dem anderen Leitungsstrange die erforderlichen Um-, bezw. Abschaltungen vornehmen zu können und hiedurch Betriebsunterbrechungen auf ein Minimum zu reduzieren, gleichzeitig aber auch die Auffindung von Fehlern in der Hochspannungsfernleitung wesentlich zu erleichtern.

Außerdem ist in der Umschaltstation Padergnone eine vollständige Blitz- und Überspannungsschutzanlage montiert.

Die in den Abb. 70 bis 75 (davon 70 und 75 auf Tafel VI) dargestellte Haupttransformatorenstation Trient hat in erster Linie den Zweck, das Gebiet der Stadt mit 5000 *V* Drehstrom zu speisen, welcher sodann in 5000/220 *V*-Transformatoren, die in eisernen Häuschen untergebracht sind, auf die Verbrauchsspannung von 220 *V* umgeformt wird. In der Haupttransformatorenstation Trient sind vorläufig drei Drehstromöltransformatoren mit Wasserkühlung für eine Dauerleistung von je 500 *KVA* und für ein Übersetzungsverhältnis von 19.000/5000 aufgestellt.

Die Ausführung der Hochspannungsschaltanlage gleicht im Prinzipe jener der Zentrale und zeichnet sich durch besondere Übersichtlichkeit und Reichlichkeit aller Dimensionen aus.

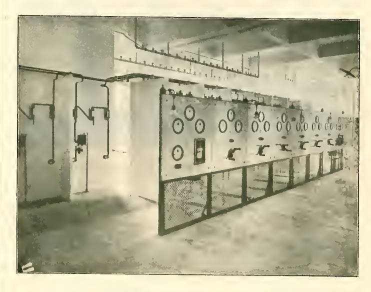


Abb. 73 Haupttransformatorenstation Trient, 5000 Volt-Schalttafel

Für den Betrieb der Lokalbahn Trient—Malè hat diese Transformatorenstation nur untergeordnete Bedeutung, da hier lediglich die in das Nonstal, bezw. zu den drei Umformerstationen führende Hochspannungsfernleitung abgezweigt ist.

Zur Verständigung zwischen der Zentrale an der Sarca, der Umschaltstation Padergnone, der Haupttransformatoren-



Abb. 74 Haupttransformatorenstation Trient, Betonzellen im zweiten Stockwerk

station Trient und der Direktion der städtischen Elektrizitätswerke in Trient dient eine Telephonanlage, deren zweidrähtige Leitung durchwegs auf eigenem Holzgestänge verlegt wurde.

An dem Baue der Lokalbahn Trient—Malè und den Elektrizitätswerksanlagen der Stadtgemeinde Trient waren in hervorragendem Maße nachstehend angeführte Firmen und Bauunternehmungen beteiligt: Casimiro Tomasi & Comp., Trient (Unter-, Ober- und Hochbau der Lokalbahnstrecke Trient—Mezolombardo, baulicher Teil der Umformerstation Pressano, Stollen und offener Kanal in den „Marocche" für die Wasserkraftanlage an der Sarca); Union-Bau-Gesellschaft, Wien (Unter-, Ober- und Hochbau der Lokalbahnstrecke Mezolombardo—Malè, baulicher Teil der Umformerstationen Sabino und Mostizzolo); Bauunternehmung Peterlongo,

Trient (Wehranlage und Wasserfassung, Zuleitungskanal vom Wehr zum Cavedinesee, baulicher Teil des Kraftwerkes an der Sarca); Bauunternehmung T. Oss, Trient (Wasserschloß, Fundierung der Druckrohrleitung für die Wasserkraftanlage an der Sarca); R. Ph. Waagner-L. & J. Biro & A. Kurz, Wien und Graz (eiserne Brücken für die Lokalbahn, Gittermaste und Spezialeisenkonstruktionen für die Fernleitungen Trient—Mostizzolo und Dro—Trient, eiserne Dachkonstruktion des Maschinensaales der Zentrale, Zufahrtsbrücke zur Zentrale); Vereinigte Maschinenfabriken Rüsch-Ganahl, A. G., Dornbirn (Rechen, Schützen, Rohrleitungen und Turbinen der Wasserkraftanlage an der Sarca); Österr. Siemens-Schuckert-Werke, Wien (elektrotechnische Streckenausrüstung der Lokalbahn, einschließlich der Beleuchtungsanlagen (mit Ausschluß jener in Trient), Hochspannungsfernleitung Trient—Mostizzolo, gesamte elektrotechnische Ausrüstung der drei Umformerstationen, der Zentrale an der Sarca, der Umschaltstation Padergnone, der Haupttransformatorenstation Trient, Rekonstruktion der alten Elektrizitätsanlage an der Fersina, Transformatorenstationen in Trient); A. E. G.-Union-Elektrizitätsgesellschaft, Wien (gesamte elektrotechnische Ausrüstung der Fahrbetriebsmittel, Licht- und Kraftverteilungsanlagen in den Stationen Trient Torre verde und Trient Umladestation) und Grazer Waggon- und Maschinen-Fabriks-Aktiengesellschaft vormals Joh. Weitzer, Graz (mechanischer Teil der gesamten Fahrbetriebsmittel der Lokalbahn).

Im Selbstverlage des Vereines. — Druck von R. Spies & Co. in Wien.

DITTES: Die elektrische Lokalbahn Trient—Malè

Übersichtslageplan

Zeichenerklärung:

- *Trasse der Lokalbahn*
- *Stationen*
- *Halte- und Verladestellen mit Ausweichgleis*
- *Halte- und Verladestellen ohne Ausweichgleis*
- *Betriebsausweichen*
- *Personen-Haltestellen*
- *Trasse der Hochspannungsfernleitung Trient-Mostizzolo*

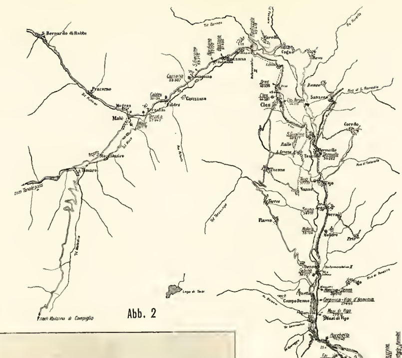


Abb. 2



Abb. 9 Brücke über die Noceschlucht bei S. Giustina



Abb. 14 Mostizzolobrücke, rechts die Umformerstation

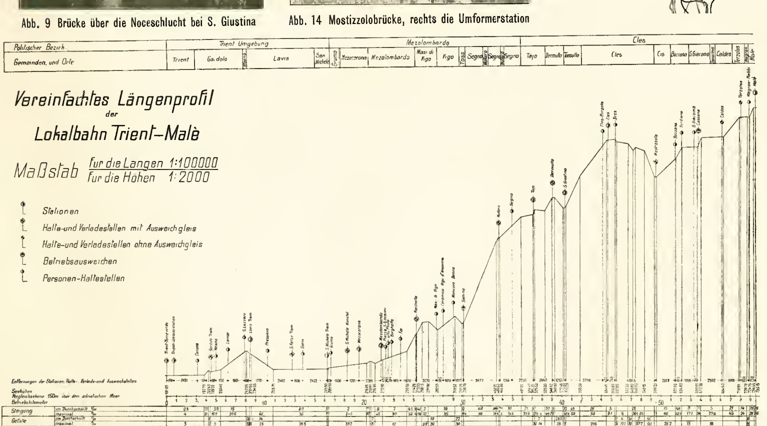


Abb. 3

R. SPIES & CO., WIEN.

DITTES: Die elektrische Lokalbahn Trient—Malè

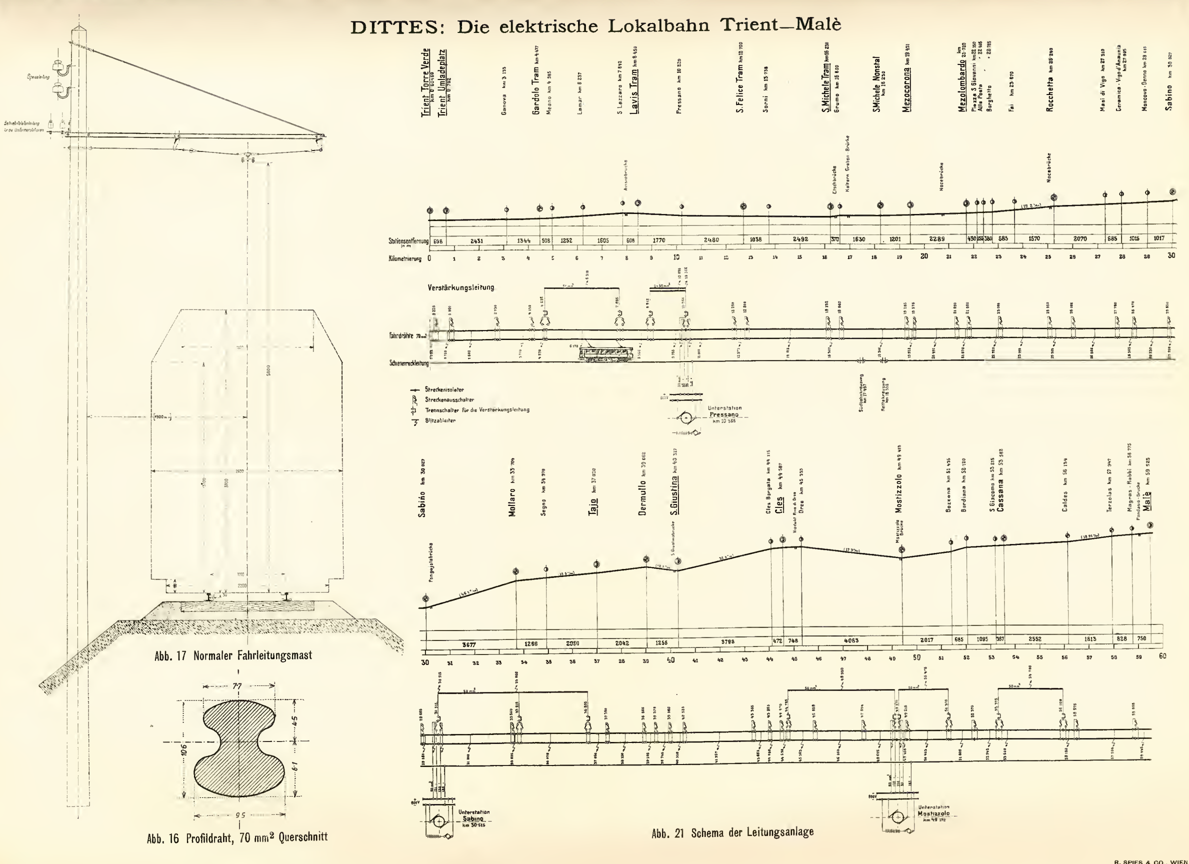


Abb. 17 Normaler Fahrleitungsmast

Abb. 16 Profildraht, 70 mm² Querschnitt

Abb. 21 Schema der Leitungsanlage

R. SPIES & CO., WIEN.

DITTES: Die elektrische Lokalbahn Trient—Malè

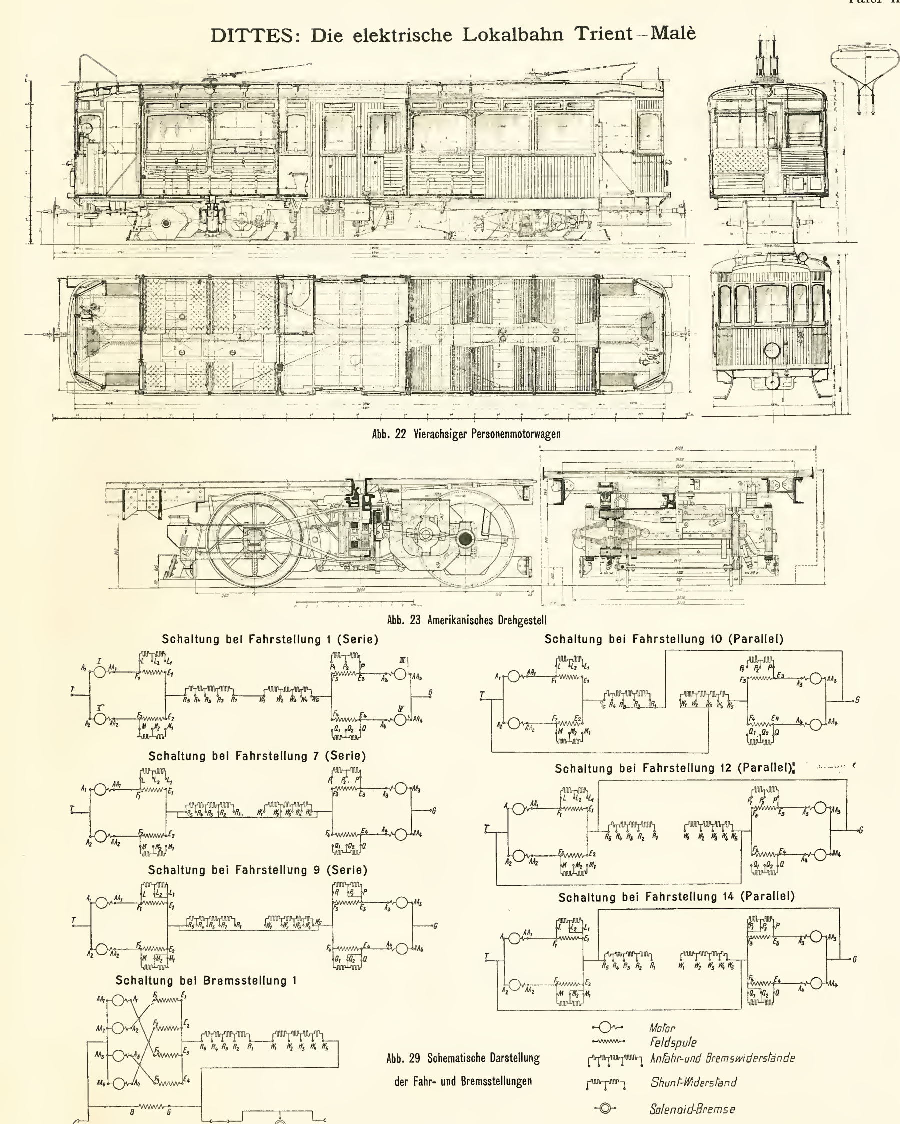


Abb. 22 Vierachsiger Personenmotorwagen

Abb. 23 Amerikanisches Drehgestell

Abb. 29 Schematische Darstellung der Fahr- und Bremsstellungen

R. SPIES & CO., WIEN.

DITTES: Die elektrische Lokalbahn Trient—Malè

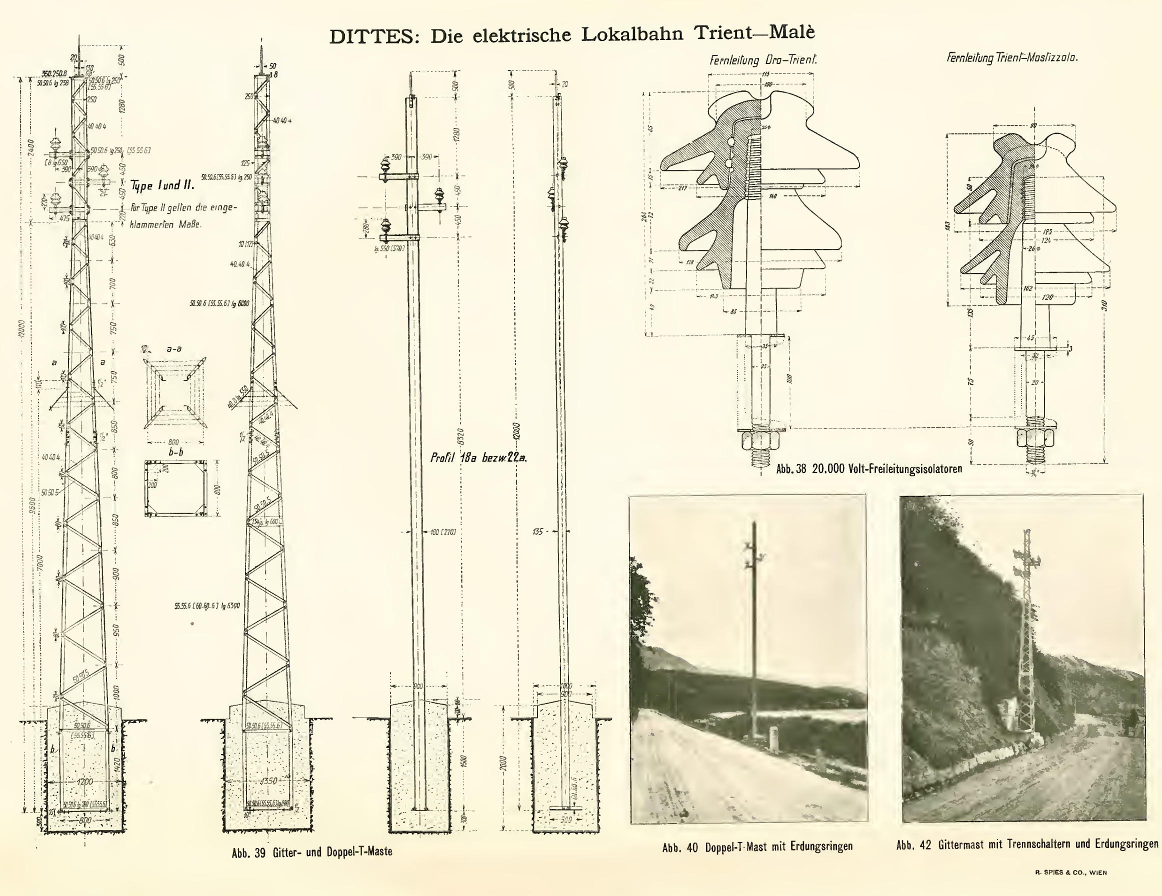


Abb. 39 Gitter- und Doppel-T-Maste

Abb. 38 20.000 Volt-Freileitungsisolatoren

Abb. 40 Doppel-T-Mast mit Erdungsringen

Abb. 42 Gittermast mit Trennschaltern und Erdungsringen

R. SPIES & CO., WIEN

DITTES: Die elektrische Lokalbahn Trient—Malè

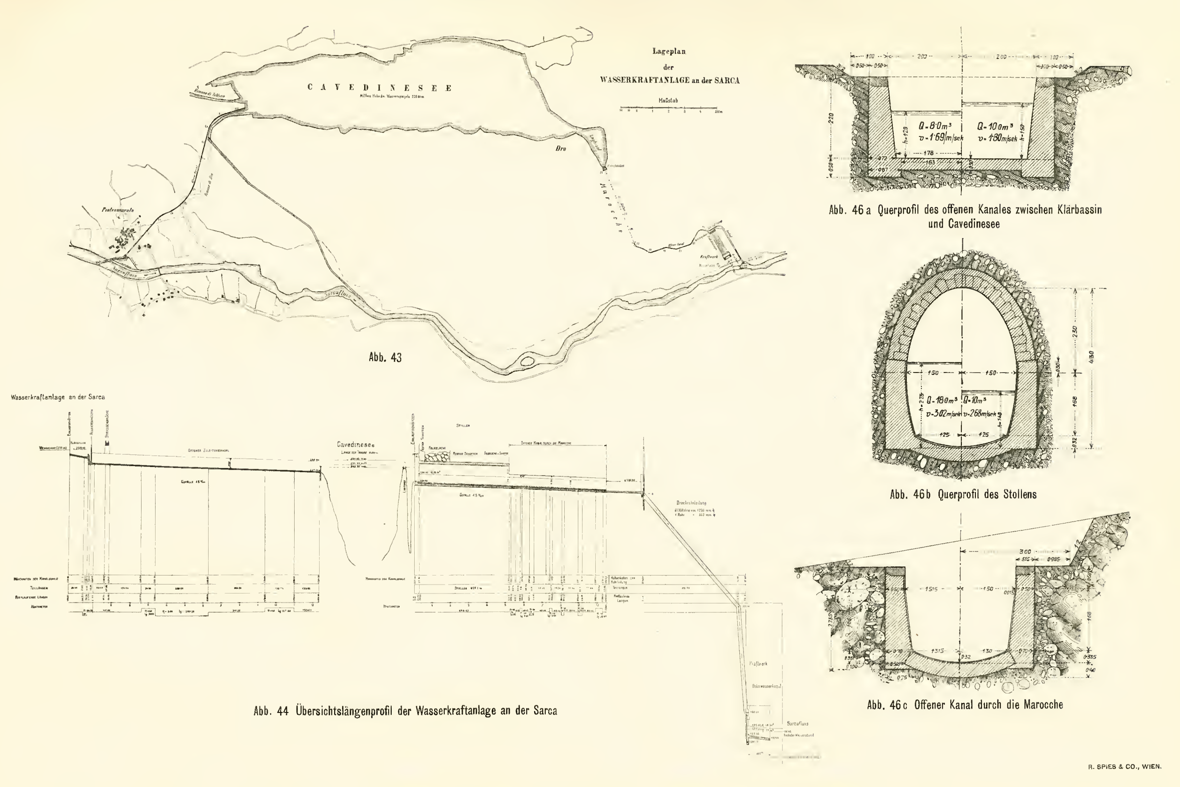


Abb. 43

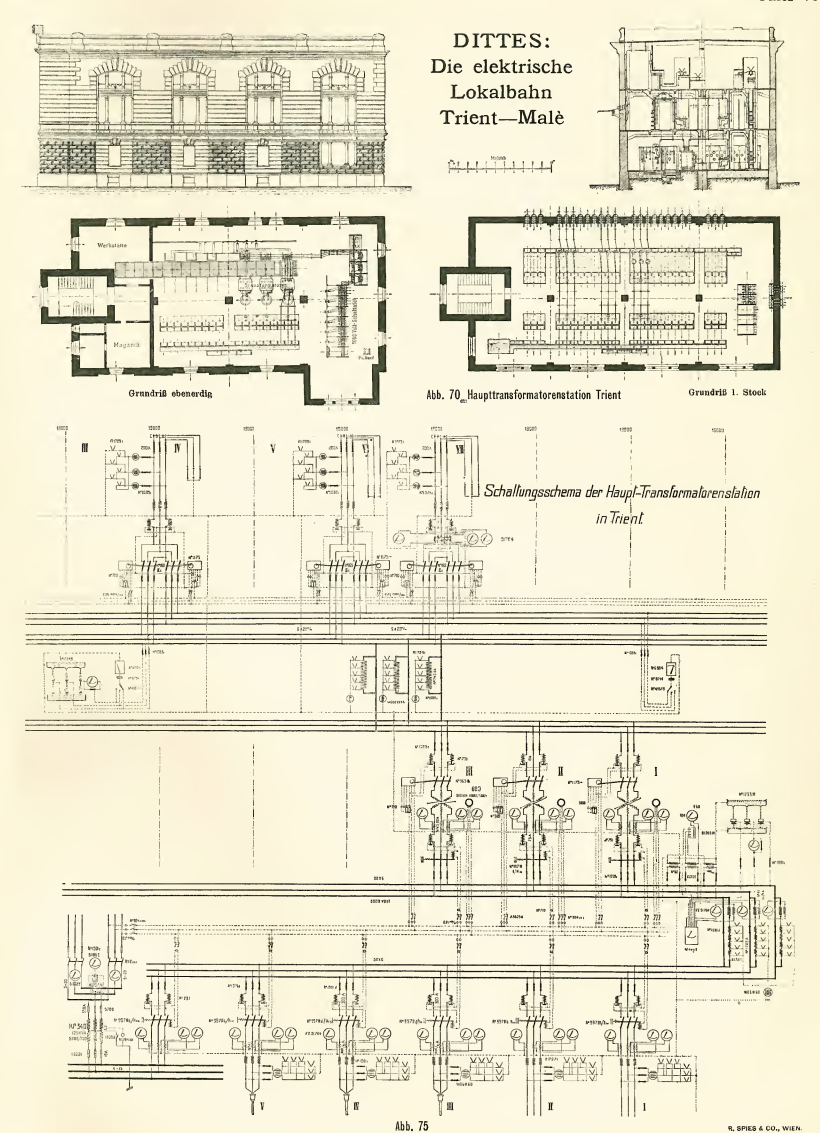
Abb. 44 Übersichtslängenprofil der Wasserkraftanlage an der Sarca

Abb. 46 a Querprofil des offenen Kanales zwischen Klärbassin und Cavedinesee

Abb. 46 b Querprofil des Stollens

Abb. 46 c Offener Kanal durch die Marocche

R. SPIES & CO., WIEN.



Grundriß ebenerdig

Abb. 70. Haupttransformatorenstation Trient

Grundriß 1. Stock

Abb. 75

R. SPIES & CO., WIEN.